



圖三 西清續鑑（甲編）鏡匣 第十七冊
漢 四神鏡 畫像 國立故宮博物院藏



圖二 唐 神人鏡 即飛仙四岳鏡 國立故宮博物院藏



圖一 西清續鑑（甲編）鏡匣 第三十冊
唐 神人鏡 畫像 國立故宮博物院藏

結構，且同時獲取了鏡匣中銅鏡畫像的X光明暗對比影像圖（詳見本專輯王竹平文章）。因畫像中顏料所含輕重不同元素對X光吸收能力有異，故上述X光影像有助於推測所使用的顏料種類。

不過，須一提的是，就科學分析的角度而言，造成X光穿透影像明暗不同分佈的因素除了元素種類外，還包括顏料或元素含量多寡、顏料混合情形及其厚度、X光功率（包含電壓和電流值）、X光能量密度與能量分佈狀況，以及X光照射時間長短等。換句話說，不同的參數組合也可能產生極為相近的明暗對比圖案。因此，前述X光影像雖可提供用來推測顏料種類的參考資訊之一，但無法作為確定顏料或其中所含化學成分的直接依據。若要進一步確認顏料或所含元素種類，尚需藉助材料成份與結構分析技術，直接獲取顏料訊息，而此顏料分析結果也能協助解釋X光影像明暗分佈的形成機制。

基於不取樣、非破壞之原則，我們乃利用了顯微拉曼光譜儀以及X

《西清續鑑鏡匣》銅鏡畫像顏料檢測

陳東和
陳致甫

配合《西清續鑑鏡匣》修復計畫，本院登錄保存處文物科學檢測實驗室的同仁進行了鏡匣中銅鏡畫像之非破壞檢測，利用顯微拉曼光譜及X光螢光光譜技術分析《唐神人鑑》圖像所使用的顏料，目的在於確認顏料種類，並藉以瞭解蟲蛀蝕會避開畫像之原因。

《西清續鑑（甲編）鏡匣》第三十冊內頁所貼裱之一紙本設色之銅鏡圖像（圖一），極忠實地描繪了《唐神人鑑》（或稱《飛仙四岳鏡》）鏡背的形式、紋飾，以及銹痕狀貌（圖二），其功能可說是相當於現今的照相紀錄。關於鏡背圖案，如貼簽所述，「背作山形四，間以朵雲、飛鶴，外列神人四，俱乘雲氣，雲鶴

邊，花鼻，無銘」。很明顯地，此畫像在設色上也反映了鏡背色澤。紙張以灰色打底，紋飾部分，或因色調深淺不一，或因凹凸關係所形成的光澤與陰影，乃以墨黑與銀白色描繪表現之。銹痕則為一般典型的銅綠色與赭色。

雖然從過去書畫顏料使用傳統的角度來看，大致上可以推測銅鏡畫像

上所使用的顏料，但就一個完整而適切的文物修復計畫而言，為了能正確地判定文物材質，以瞭解文物保存狀況或造成損毀原因，科學檢測是不可或缺的一部分。此外，科學分析也經常能揭露新的問題。

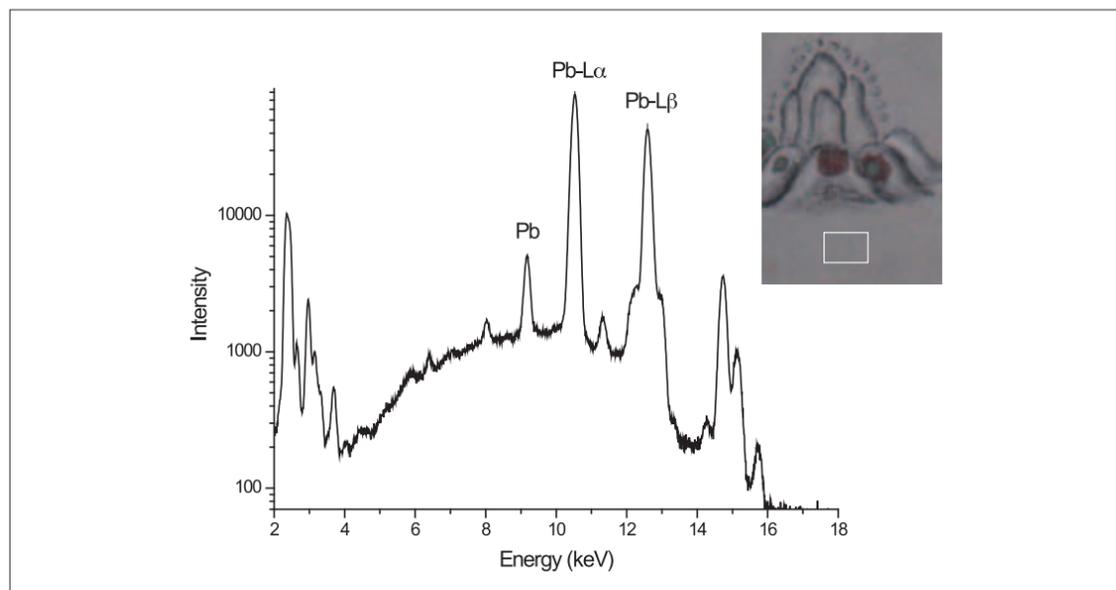
關於鏡匣修復前的檢視作業，除了廣泛利用光學顯微鏡作初步的觀察外，亦利用X光透視鏡匣木胎的內部

光螢光光譜儀對《唐神人鑑》畫像上的顏料進行分析，同時獲取顏料成分與結構訊息。除了第三十冊鏡匣外，為了比較參考，也分析了《西清續鑑（甲編）鏡匣》第十七冊中的《漢四神鑑》銅鏡畫像。（圖三）

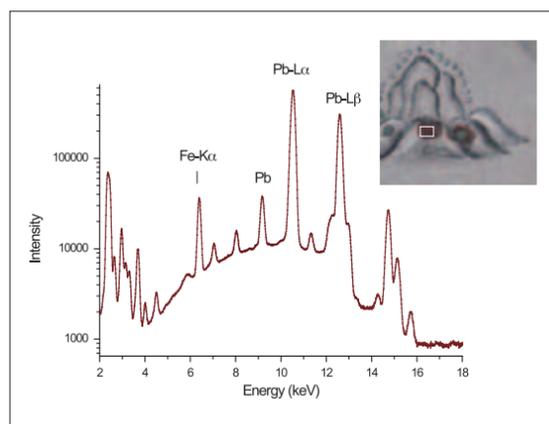
X光螢光（XRF）光譜技術

X光相關檢測技術有許多種，較常見的除了前面提到已使用的一般X光影像檢視技術外，還包括用於材料化學成分分析的X光螢光（X-ray Fluorescence，簡稱XRF）光譜技術，以及用於結構分析的X光繞射圖譜術（X-ray Diffraction，簡稱XRD）與X光吸收光譜術（X-ray Absorption Spectroscopy，簡稱XAS）等。此處我們主要利用XRF對畫像中顏料進行定性分析。

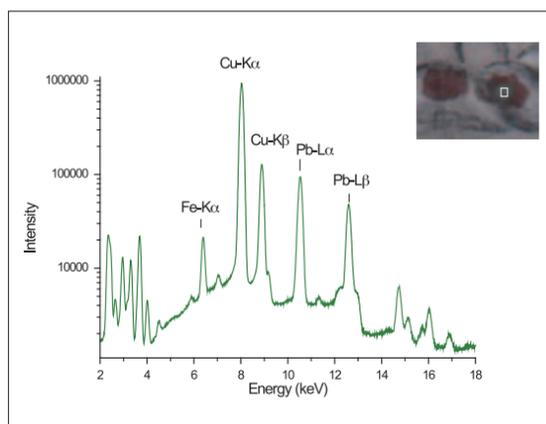
XRF分析乃利用X光激發樣品而產生特性X光螢光，由於每一種元素之特性X光能量不同，從偵測所得之X光能量即可判定元素種類。視儀器精密度及不同檢測需求，XRF可進行非破壞之定性、半定量及定量分析。



圖六 唐 神人鑑 畫像灰底部分XRF光譜圖



圖八 唐 神人鑑 畫像綠斑部分之XRF光譜圖



圖七 唐 神人鑑 畫像綠色銹痕之XRF光譜圖

檢測結果與討論

以下部分乃先就XRF及拉曼光譜分析結果作簡要說明後，再作綜合討論。

利用XRF掃描分析第三十冊鏡匣〈唐神人鑑〉畫像中幾個不同顏色區域，發現灰色部分主要含鉛，綠色區域含銅，赭色部分鐵的濃度則明顯較高。（圖六至圖八）銀白或灰白色描繪圖像線條部分主要元素還是鉛，其濃度相當高。必須說明的是，針對灰底及其他不同顏色，我們分別掃描分析數個不同區域，其結果均相當一致，上述光譜僅以部分色區光譜圖作為代表。特別是灰底部分，分析結果顯示鉛含量相對均勻的分佈其上。

圖九及圖十則是第十七冊鏡匣的〈漢四神鑑〉畫像之局部XRF元素分佈影像圖及光譜圖，其分析與結果第三十冊〈唐神人鑑〉畫像一致，即灰色鉛底，而描繪線條之灰白及黑色區域鉛的濃度明顯較高，綠銹痕含銅，赭斑部分則含鐵量較高。

在拉曼光譜分析部分，也可以確認〈唐神人鑑〉畫像與〈漢四神

有別於一般XRF只能作定點檢測，此次所用之Micro-XRF儀可作微區自動掃描分析（光束大小為 $25\mu\text{m}$ ），因此可獲取畫像局部元素分佈影像圖（element mapping），從而推斷畫像中顏料的分佈狀況。實驗所使用之X光光源電壓為 45kV ，電流設定為 $300\mu\text{A}$ 。

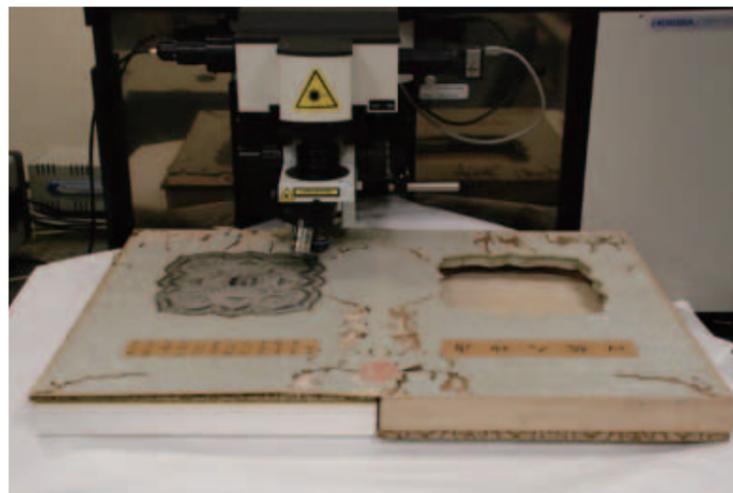
顯微拉曼光譜術 (Micro-Raman spectroscopy)

拉曼光譜主要是基於拉曼效應（Raman effect），即拉曼散射（Raman scattering），來進行材料分子結構的分析。當光子與物質中的分子交互作用，光子依被散射後能量是否改變而分為彈性散射與非彈性散射。在彈性散射過程中，光子與分子之間沒有能量交換，除運動方向改變外，散射光子與入射光子頻率相同，此種散射稱為瑞利散射（Rayleigh

scattering）。在非彈性性散射中，光子與分子之間發生能量交換，散射光子不僅運動方向改變，且頻率或能量改變（減少或增高），此種散射即稱之為拉曼散射。

拉曼散射的散射光子與入射光子的能量差對應的是分子的振動或轉動之能階差，一般以波數（wavenumber，單位為 cm^{-1} ）的改變來表示，稱之為拉曼位移（Raman shift）。拉曼光譜即是利用量測雷射光與物質交互作用後所產生之拉曼位移光譜圖來判定物質的分子結構。由於檢測具不接觸、不破壞、快速之特性，因此非常適合應用於鑑定文物的材質，近年來也已廣泛用於藝術與考古文物材料的分析上，如玉石、寶石及顏料等。

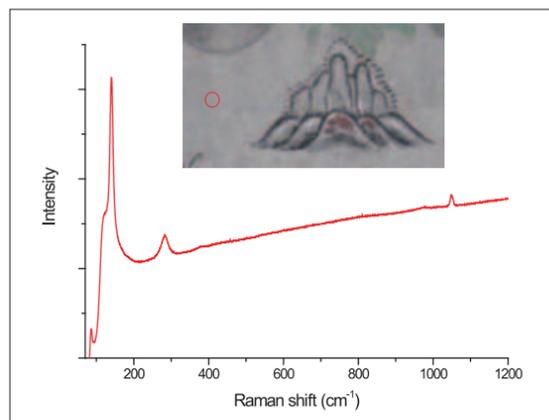
本次實驗檢測利用了 514nm （奈米）和 632nm （奈米）雷射作為激發光源，物鏡為五十倍，使用一千八百條之光柵，雷射功率控制在 3mW 左右，每一點檢測積分時間約為六十秒。鏡匣直接平置於顯微鏡頭下進行非接觸檢測。（圖四及圖五）



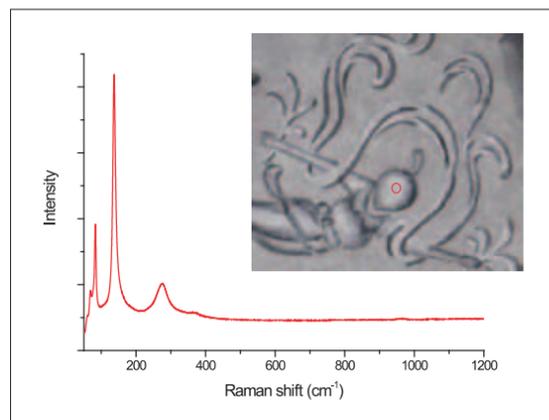
圖四 利用顯微拉曼光譜儀分析〈唐 神人鑑〉畫像之一



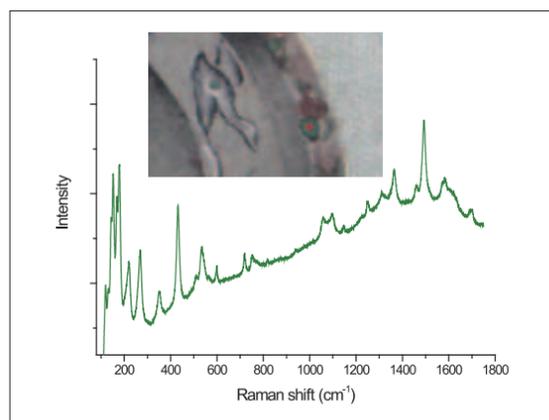
圖五 利用顯微拉曼光譜儀分析〈唐 神人鑑〉畫像之二



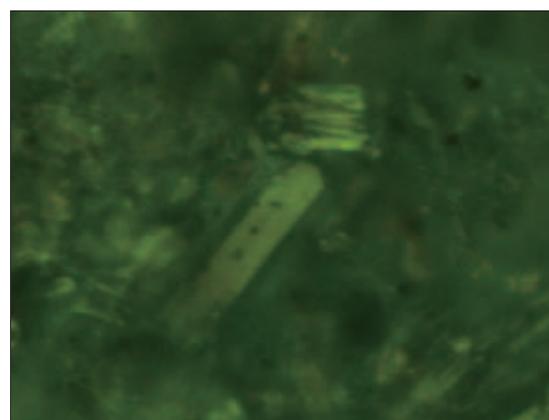
圖十二 〈唐 神人鑑〉畫像灰底部分顏料之拉曼光譜



圖十一 〈唐 神人鑑〉畫像灰白色部分顏料之拉曼光譜圖



圖十四 〈唐 神人鑑〉畫像綠色顏料之拉曼光譜圖，顯示其為石綠 (Cu₂CO₃(OH)₂) 之分子結構。



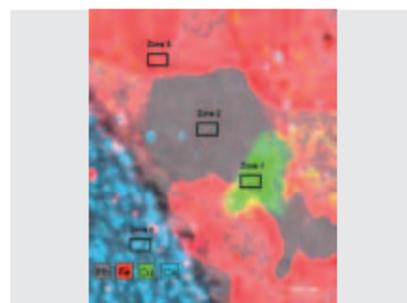
圖十三 〈唐 神人鑑〉畫像綠色顏料礦物顯微影像

至於含鉛部分，雖然XRF分析顯示畫像灰底乃以含鉛之色料塗佈之，且灰白或銀灰色的描繪線條鉛的濃度極高，但兩者的拉曼光譜分析結果顯示其結構與一般認知的鉛粉有落差。鉛粉，又稱胡粉，即一般所謂之鉛白，及鹼式碳酸鉛 (Pb(OH)₂·2PbCO₃)，為傳統書畫所常用之顏料。在拉曼光譜中一〇五五波數附近有很強烈的振動譜帶，但本次分析結果均未發現有鉛白的結構，反倒是相似於一氧化鉛 (PbO) 結構。(圖十五) 值得一提的是，一氧化鉛 (PbO) 是鉛黃或黃丹、密陀僧的氧化式，一般為黃色，但在圖像上卻不見黃色顏料。顯然這邊有較為複雜的鉛化學反應與結構變化的問題值得進一步深入探討。

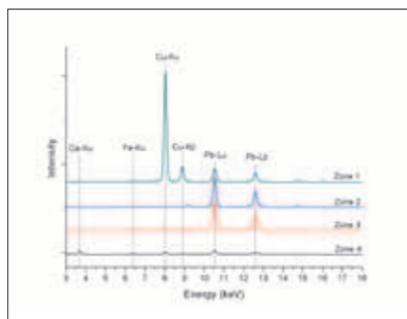
無論如何，可以確認的是，此圖像乃先以含鉛色料打底，模仿青銅鏡的黑灰色澤。灰白描線紋飾部分，也為含鉛顏料。由於鉛與空氣接觸易於氧化，因此就形成了一氧化層，或許是在拉曼光譜下看到鉛呈現氧化態



圖十a 西清續鑑(甲編)鏡匣第十七冊 漢 四神鑑 畫像局部二，方框部分為XRF分析區域。



圖十b 漢 四神鑑 畫像局部XRF元素分佈圖，其中涵蓋不同色料區：綠斑主要元素為銅，紫色部份鐵元素相對較高，黑色顏料主要含鈣，而灰底以含鉛為主。

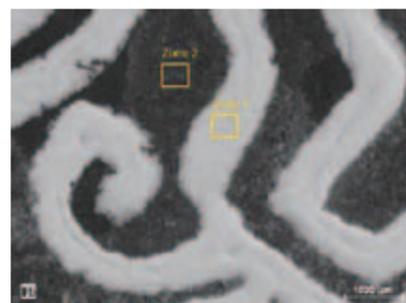


圖十c XRF光譜圖可以看出圖十b不同顏料間主要元素含量的差別。

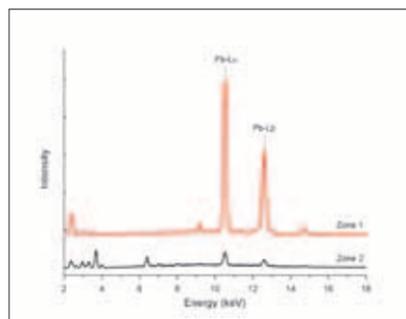
從上述記述推測，〈西清續鑑鏡匣〉畫像中所使用的顏料，大抵不離上述範疇。比較本次分析結果，與畫像中之顏料有關的，顯然是鉛粉、石綠及赭石。石綠 (Cu₂CO₃(OH)₂) 可從XRF及拉曼光譜得到確認，而赭石部分，主要應是用于赭斑銹痕之描繪，XRF分析結果也確認赭色區域鐵的含量較高。



圖九a 西清續鑑(甲編)鏡匣第十七冊 漢 四神鑑 畫像局部一，方框部分為XRF分析區域，面積大小為 (6.85 mm×4.94mm)。



圖九b 漢 四神鑑 畫像局部XRF元素分佈圖，白色較亮部分對應描繪線條，其所含主要元素為鉛。暗色區域為灰底部分，仍含鉛，但濃度相對較少。



圖九c XRF光譜可看出圖九b中Zone1與Zone2鉛(Pb)含量的差異。

鑑〉畫像顏料使用情形一致。可以看出圖像中灰色及白色顏料乃是具有不同型態的氧化鉛結構。(圖十一及圖十二) 不過，由於白灰色部分的拉曼

光譜除了一氧化鉛 (PbO) 結構外，並未顯示預期中的鉛白 (Pb(OH)₂·2PbCO₃)。圖綠色銹痕部分從顯微鏡下可

以看出其礦物結晶(圖十三)，拉曼光譜顯示其應該是帶含雜質的石綠 (Cu₂CO₃(OH)₂)。(圖十四)

關於顏料的使用，在乾隆十六年《活計檔》〈表作〉中就提到了關於繪製〈西清古鑑〉之顏料：「二十九日，首領張國祥持來圖記帖一件，內開首領鄭愛貴、桂元用圖記帖行造辦處，今畫〈西清古鑑〉應用顏料。梅花青二兩、南赭石二兩、廣靛花二兩、松花石碌肆兩、硃砂二兩、雄黃二兩、廣膠半兩、藤黃二兩、胭脂五張、魚子金二十帖、鉛粉一匣、大紅袍筆二十枝、赤飛金二十帖、大著色筆二十枝、黃飛金二十帖、鬚眉筆二十枝、銀箔二十帖、小著色筆二十枝，記此。」

敬天格物

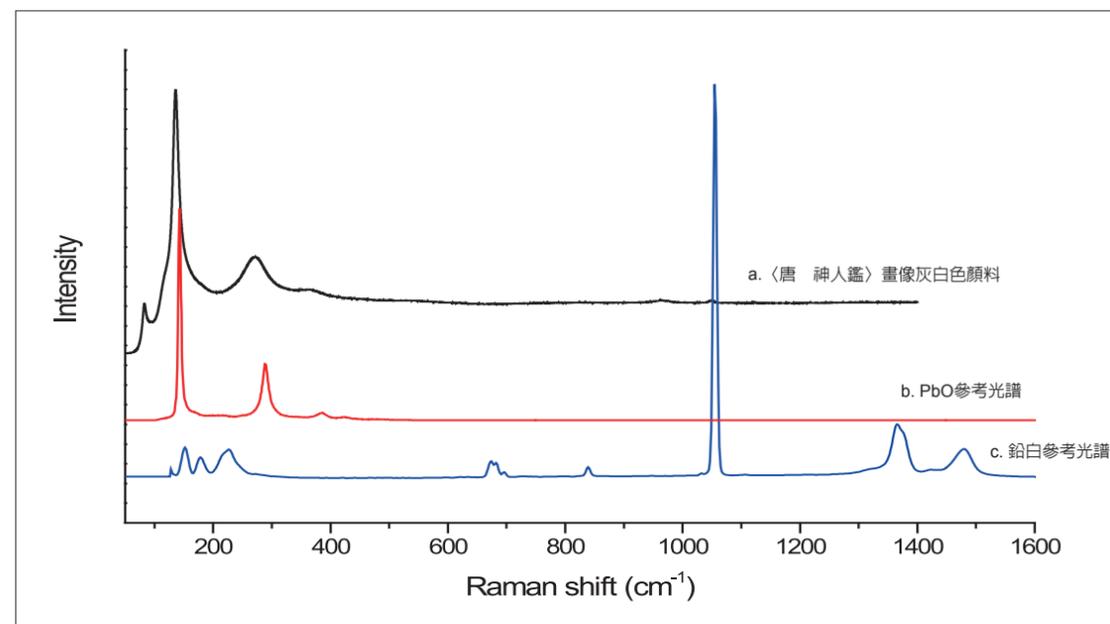
—中國歷代玉器展

Art in Quest of Heaven and Truth

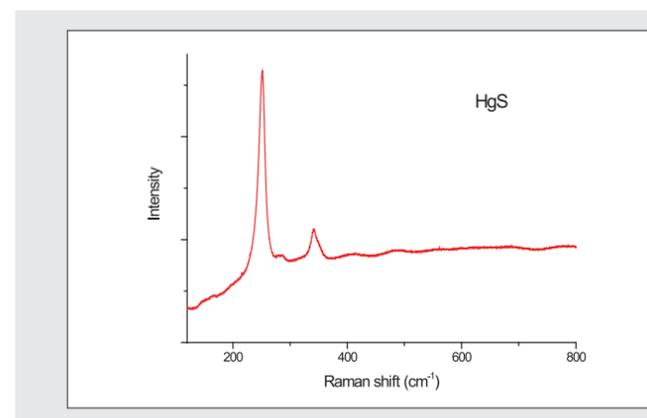
Chinese Jades through the Ages



常設展
陳列室：306、308
全年開放上午八時三十分至下午六時三十分
夜間免費參觀時段 每週六下午六時三十分至八時三十分
11143台北市士林區至善路二段221號
參觀網頁 http://www.npm.gov.tw/exh99/chinese_jades/



圖十五 含鉛顏料之拉曼光譜，由上而下：a. 〈唐 神人鑑〉畫像之灰白色顏料；b. 黃丹參考樣品之拉曼光譜；c. 鉛粉或鉛白參考樣品之拉曼光譜。



圖十七 拉曼光譜圖顯示「乾隆御覽之寶」鈐印紅色料為朱砂



圖十六 「乾隆御覽之寶」鈐印

結構之原因。但究竟原始所使用含鉛色料之結構為何，尚待後續分析。

除了畫像外，我們也利用拉曼光譜儀分析了鏡匣中「乾隆御覽之寶」鈐印（圖十六）之色料，結果如預期，確認爲朱砂（HgS）。（圖十七）

衆所皆知，鉛及朱砂皆有毒，這應該是蠹蟲不愛吃這面銅鏡畫像及鈐印的原因。

結語

文物修復是跨學科的工作，本次藉由購藏〈西清續鑑鏡匣〉之修復計畫，對銅鏡畫像進行修復前檢測，協助判定顏料種類，一方面提供了修復作業之參考，而分析結果顯示畫面乃利用含鉛色料打底，而鈐印部分則爲硃砂，此也解釋了何以蠹蟲未蛀食畫像及鈐印區域之因。不過，由於畫像中所檢測出來的鉛非單一相，其或爲原始材料的多樣性，或是畫完成之後受氧化產生相變之故，仍待進一步研究分析。

陳東和任職於本院登錄保存處
陳致甫爲本院登錄保存處研究助理