

# 出國報告

(出國類別：考察)

## 赴美國進行文物科學檢測技術 考察交流報告書

服務機關：國立故宮博物院  
姓名職稱：陳東和助理研究員  
派赴國家：美國  
出國期間：103.11.28-12.16  
報告日期：104.3.10

公務出國報告提要

出國報告名稱：赴美國進行文物科學檢測技術考察交流報告書

頁數 18 含附件：否

出國計劃主辦機關/聯絡人/電話

國立故宮博物院/王姿雯/28812021ext2901

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

陳東和/國立故宮博物院/登錄保存處/助理研究員/28812021ext2295/68353

出國類別：其他

出國期間：103 年 11 月 28 日~103 年 12 月 16 日

出國地區：舊金山、洛杉磯、克里夫蘭、紐約

報告日期：104 年 3 月 10 日

分類號/目：

關鍵詞：科學檢測、文物科學實驗室、文物保存、蓋提保存研究所、大都會博物館

摘要：(200~300 字)

本院自 102 年起執行為期四年之「文物高精密科學檢測技術研發應用暨實驗室建置計畫」科技發展計畫，為建立適合而先進的高靈敏度與高解析度的檢測技術，實有必要在設備建置過程中借鏡國際上其他博物館實驗室或文物保存中心之經驗。美國在文物保存及相關的科學研究領域向來舉足輕重，不論在博物館、大學院校之文物保存中心或實驗室，都有甚多的人力和經費投入。整體而言，其學術交流活動頻繁，跨領域專家合作密切，也發展及應用許多新穎的檢測技術於文物科學研究上。103 年配合本院文物科學檢測研究內容及實驗室建置計畫之業務需求，赴洛杉磯蓋提保存研究所 (Getty Conservation Institute)、紐約大都會博物館、舊金山亞洲藝術博物館、克里夫蘭美術館、紐約大學、史丹佛大學及加州大學柏克萊分校等考察交流。

# 目 次

一、目的.....	4
二、過程.....	5
三、心得.....	16
四、建議.....	17

## 一、 目的

本院典守 69 萬餘件之重要國寶文物，其在藝術、歷史、科學上皆有保存、研究上之重要性。因進行文物保存維護、配合展覽、徵集及工藝史研究之需，實有必要進行文物的科學檢測。本院過去雖也漸次提升文物保存科學檢測水準，但過往受限於有限經費，在實驗室規模方面，相較於國際上其他大型博物館如羅浮宮、大英博物館及大都會博物館等所具備之相當規模的科學實驗室，尚有許多努力發展的空間。本院作為世界一流博物館，必須要全方位發展，除了本身藏品的重要性外，在展覽的推陳出新、藏品的數位化、文創產品的開發、研討會或演講的舉辦、教育活動的推廣等，都要齊頭並進；而更不可忽視的是，文物的保存工作不可一日須臾緩，必須與現今的科技發展緊密結合，利用新穎的技術從事文物科學保存與研究工作。基於此，本院乃向行政院國科會(現改制為科技部)申請「文物高精密科學檢測技術研發應用暨實驗室建置計畫」之政府科技發展計畫，目標在建立國家級同時也是國際級文物科學檢測研究實驗室。此計畫獲科技部審查委員鼎力支持，並列為四年期之重大計畫，執行時間自 102 年 1 月 1 日自 105 年 12 月 31 日。

102年已初步完成實驗室空間規劃，並建置X光電腦斷層掃描系統、掃瞄式電子顯微鏡、PL螢光系統等檢測技術。103年為計畫執行第二年，除了持續提昇X光電腦斷層掃描技術外，也依計畫進度建置FT-IR及OCT等設施。此外，在檢測技術陸續建置後，也開展或計畫進行文物科學分析相關研究課題，包括顏料與染料、陶瓷與玻璃、玉器寶石、金屬鑲嵌工藝等。而在本院文物研究檢測實驗室建置發展及進行文物研究的過程中，為了建立更適合、更先進的高靈敏度與高解析度的分析技術及提高研究水準，實有必要借鏡國際上其他相關博物館之實驗室經驗，同時也與國際上同一領域之專家分享交流本院正進行的工作。

103 年配合本院文物科學檢測研究內容及實驗室建置計畫之業務需求，赴洛杉磯蓋提保存研究所(Getty Conservation Institute, GCI)、紐約大都會博物館保存中心及科學實驗室、舊金山亞洲藝術博物館保存科學實驗室、克里夫蘭美術館保存修復實驗室、紐約大學保存中心、史丹佛大學線性加速器中心及加州大學柏克萊分校先進光源實驗室等考察交流。此次交流的重點除了實驗室分析技術外，也包含文物檢測研究成果之分享，包括唐卡、玻璃、金屬、東方繪畫顏料及陶瓷分析等。另外，考察的目的除了建立國際合作交流機制外，也是儲備本院未來辦理文物科學檢測或文物保存相關國際研討會的能量，以積極在國際間文物科技保存領域扮演重要的角色。

## 二、 過程

### (一)交流參訪行程表

日期	地點	工作紀要
11/28 (五)	台北-舊金山	台北出發飛抵舊金山
11/28(五)- 12/2 (二)	舊金山	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 主要與舊金山亞洲藝術博物館文物 保存部門就檢測技術、文物保存研究議題進行交流，並參觀博物館文物展覽</li> <li>2. 參訪加州大學柏克萊分校勞倫斯國家實驗室先進光源中心</li> <li>3. 參訪史丹佛大學 SLAC 國家加速器實驗室</li> <li>4. 參觀舊金山迪洋(De Young)美術館</li> </ol>
12/3 (三) - 12/6 (六)	洛杉磯	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 與蓋提中心(The Getty)蓋提保存研究所(Getty Conservation Institute)就檢測技術、文物分析應用議題進行交流</li> <li>2. 參觀 Getty 博物館；參訪洛杉磯郡立博物館(LACMA)</li> </ol>
12/7(日) - 12/9(二)	克里夫蘭	與克里夫蘭美術館文物保存部門及實驗室交流；唐卡提件研究並討論科學檢測可交流議題；參觀美術館文物展覽
12/10 (三) - 12/15 (一)	紐約	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 主要與紐約大都會博物館文物保存部門及科學實驗室進行交流；就東方文物之科學檢測議題進行討論。參觀博物館展覽</li> <li>2. 參訪紐約大學保存中心</li> </ol>
12/16 (二)	返台	返抵台北

## (二)交流說明

### 1. 舊金山亞洲藝術博物館(Asian Art Museum of San Francisco；AAMSF)

AAMSF 為美國重要的典藏亞洲藝術文物之博物館，其有關東方文物的品項相當多，與本院亦有交換借展之關係。此行參訪主要與保存部門相關人員交流，瞭解其關注之議題。近幾年 AAMSF 在文物保存方面，投入較多的課題，包括文物表面掃描技術之應用、顏料分析、織品分析、漆器分析研究等，其相關經驗可作為本院之參考。

此次交流由保存部門 Shiho Sasaki 女士接待，參觀了修復工作室和實驗室，並針對該部門正進行中的書畫、青銅器、漆器及木質文物修復與分析工作與該館專家廣泛交流意見。AAMSF 的保存部門不論在人力編制和檢測設備方面，尚在發展之中，筆者也提供近幾年本院有關文物科學實驗室發展的經驗及技術建置之情形予 AAMSF 參考。

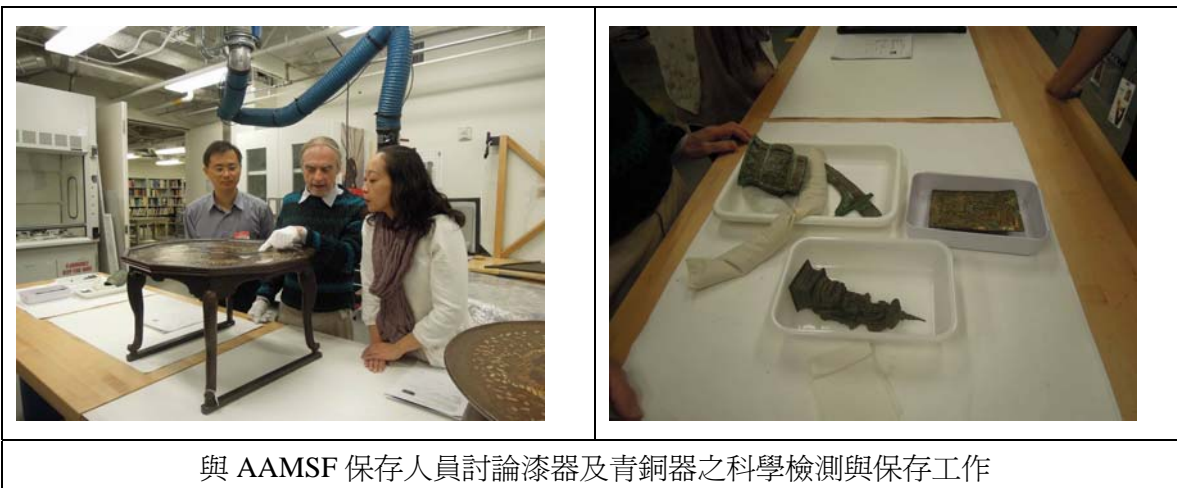
除了與 AAMSF 保存部門人員交流之外，此行亦拜訪與本院交流密切的中國部門賀利女士。此外，也利用週末期間參觀 AAMSF，以及同樣位於舊金山的迪洋美術館 (de Young Museum) 和加州榮軍館皇宮(California Palace of the Legion of Honor)等之展覽。



AAMSF 繪畫保存工作室



討論待處理之細密畫狀況



與 AAMSF 保存人員討論漆器及青銅器之科學檢測與保存工作



討論交流有關建築木構件之保存修復工作

與 AAMSF 賀利女士及 Shiho Sasaki 合影

## 2. 史丹佛 SLAC 國家加速器實驗室及加州大學柏克萊分校先進光源(ALS)實驗室

同步輻射(synchrotron radiation )相關技術近十年來已廣泛應用於藝術與考古文物分析，其高靈敏度與高解析度之特性，對於文物鑑識及解開隱藏於文物表相之後的許多訊息有極大的幫助。歐美國家的許多同步輻射設施，亦將文化遺產或藝術與考古文物的分析研究列為主要服務項目之一。

此次利用訪問 AAMSF 之機會，亦走訪史丹佛大學的加速器國家實驗室(SLAC)和加州大學柏克萊分校勞倫斯國家實驗室之先進光源實驗室(ALS)。史丹佛大學的同步輻射實驗室(SSRL)及柏克萊的 ALS 都有許多分析藝術或考古文物之案例與經驗，筆者過去在法國的多位同事除了利用位於法國的同步輻射設施 ESRF 和 Soleil 外，亦和 ALS 及 SSRL 有合作交流之關係。同步輻射涵蓋的分析技術相當廣泛，包括 X 光螢光光譜(XRF)、吸收光譜(XAS)、繞射圖譜(XRD)、紅外線光譜、X 光顯微術、斷層

掃描等。

比較著名的案例之一為阿基米德著作的手抄本，因為書寫於羊皮書上，其原來內容被後來繪於其上的福音書圖像所覆蓋，在很長的一段時間裡並未被發現，後來便是在史丹佛的 SSRL 實驗室利用 SR-XRF 揭開這些隱藏於圖象背後的阿基米德著作抄本。

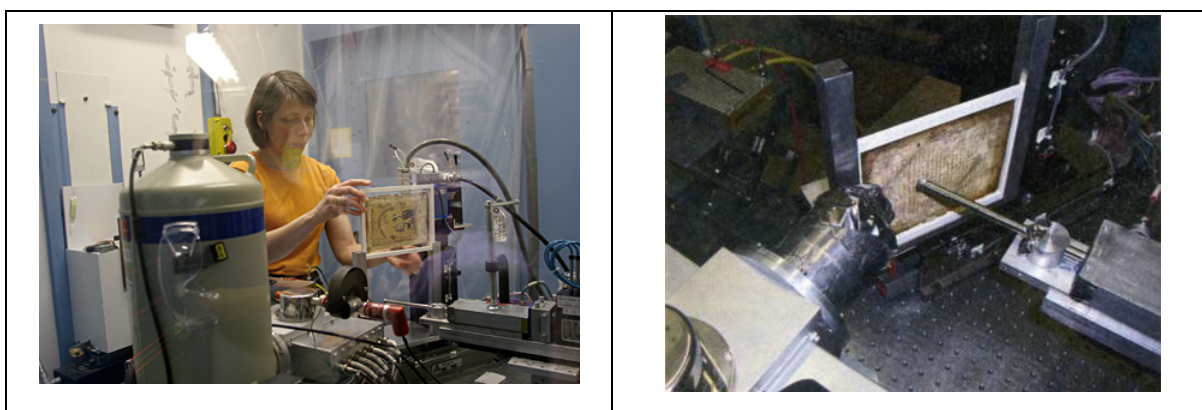
此次拜會曾參與阿基米德手抄本分析的史丹佛 SLAC 國家實驗室主任 Uwe Bergmann，參觀了 SSRL 同步輻射實驗室以及扮演發展自由電子雷射(FEL)領導者角色的 LCLS 實驗室。在柏克萊 ALS 實驗室，則由副主任 Steve Kevan 教授親自接待導覽，參觀 X 光斷層掃描、吸收光譜、紅外線光譜、XRF 光譜實驗站，並和負責的科學家討論交流。



利用史丹福同步輻射實驗室(SSRL)之 SR-XRF 技術分析阿基米德手抄本之一

[http://www.slac.stanford.edu/gen/com/slac\\_gallery.html](http://www.slac.stanford.edu/gen/com/slac_gallery.html)

<http://www.archimedespalimpsest.org/>

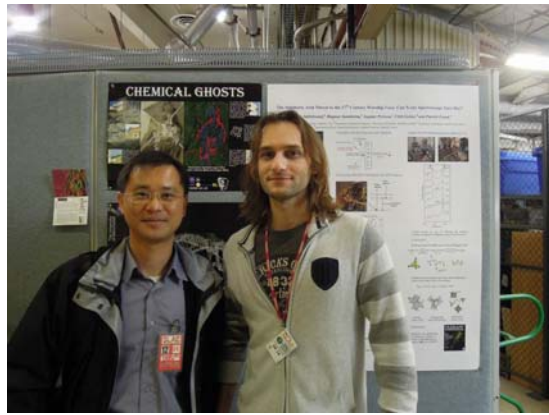


利用史丹佛同步輻射實驗室(SSRL)之 SR-XRF 技術分析阿基米德手抄本之二

<http://news.stanford.edu/news/2005/may25/archimedes-052505.html>

<http://www.archimedespalimpsest.org/>

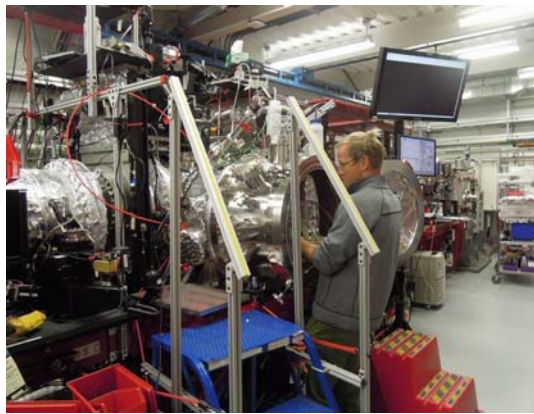




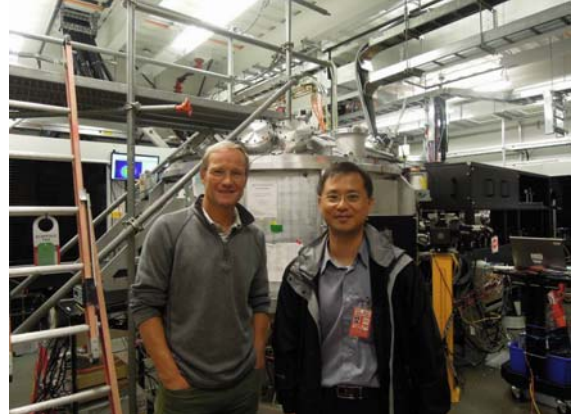
與為筆者導覽之 SSRL 科學家 Dimosthenis Sokaras 合影於實驗站前



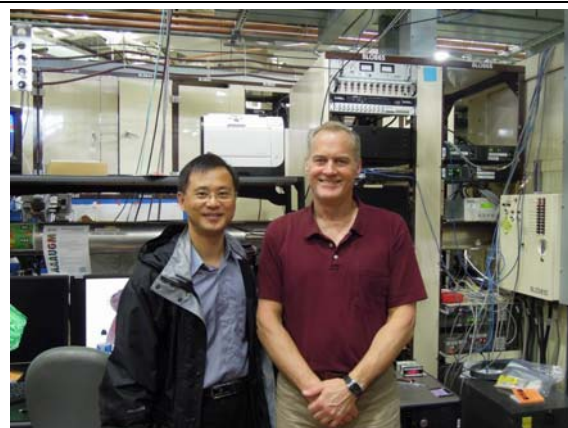
與台灣旅美資深科學家洪淑君博士合影於 LCLS 實驗室



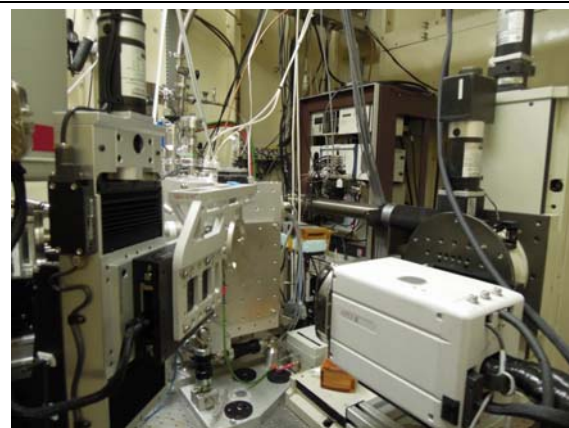
史丹佛 SLAC 實驗室 Uwe Bergmann 教授於 SSRL 之實驗站進行實驗



與史丹佛 SLAC 實驗室 Uwe Bergmann 主任攝於 LCLS 自由電子雷射實驗站



與加州大學柏克萊分校 ALS 實驗室科學部門副主任 Steve Kevan 合影於斷層掃描實驗站



柏克萊 ALS 實驗室之吸收光譜實驗站

### 3. 蓋提(The Getty)及蓋提保存研究所(Getty Conservation Institute ; GCI)

蓋提(The Getty)包含位於洛杉磯的蓋提中心(The Getty Center) 及位於 Malibu 的蓋提別墅(The Getty Villa)兩大建築群。在蓋提中心除了美術館外，還包括蓋提研究所(The Getty Research Institute , GRI)、蓋提保存研究所(Getty Conservation Institute ; GCI)和蓋提基金會等。

蓋提保存研究所為一非營利的私人機構，是美國最具規模的文化遺產保存中心，各類新穎的分析設備齊全，專業人員眾多，文化遺產保存研究課題多元，國際合作經驗豐富，研討會及學術出版成果皆相當豐碩，此外，也經常提供獎助金補助其他國家學者或學生至其中心進行相關研究。有關 GCI 之各項內容，在其官方網站上有詳盡之介紹，而國內博物館、藝術史及文物保存等相關領域之學者專家對其亦不陌生，故不在此贅述。

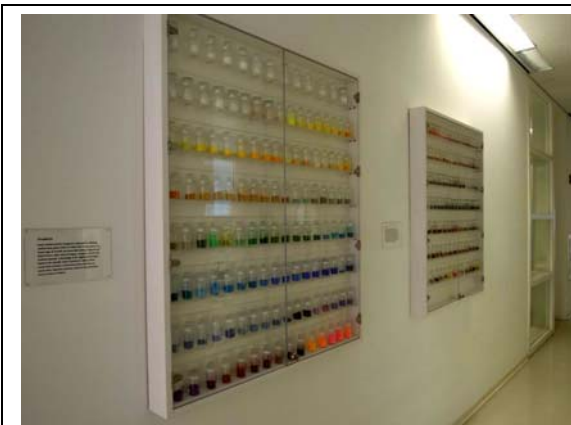
此次參訪由實驗室經理 David Carson 先生接待，參觀了位於 LA 的 Getty Center 及位於 Malibu 的 Getty Villa 等兩處之實驗室，並和相關人員進行交流。GCI 建置有 X 光電腦斷層掃描設備，是世界上少數有此類設備的保存中心之一。GCI 的 CT scanner 是 GCI 與義大利波隆納大學物理系 Franco Casali 教授(現已退休)之實驗室團隊合作所設計建造，因本院也自行獨立設計建造 CT scanner，故此技術及經驗之交流為此行的重點之一。此外，也就 XRD-XRF 耦合技術、FT-IR、多頻譜技術及有機分析等技術進行交流討論。在實務分析方面，也分享有關顏料、玻璃及金屬分析之研究成果。

此外，在實驗室交流之外，也參觀了 Getty 美術館和洛杉磯郡立博物館(LACMA)。



GCI 利用拉曼光譜及 XRF 光譜等檢測技術對繪畫文物進行非破壞檢測

[http://www.getty.edu/conservation/publications\\_resources/newsletters/pdf/v25n1.pdf](http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/newsletters/pdf/v25n1.pdf)



GCI 顏料樣品展示



GCI 實驗室之一



GCI 實驗室之二



GCI 實驗室之三



FT-IR 光譜儀



掃描式電子顯微鏡暨能譜分析儀



#### 4. 克里夫蘭美術館(The Cleveland Museum of Art ; CMA)

主要參訪克里夫蘭美術館(The Cleveland Museum of Art ; CMA)，包括與文物保存部門人員交流，以及唐卡提件研究。CMA 在 2013 年所完成的擴建工程中，也包含了新規劃的文物保存實驗室空間，目前該館也陸續展開相關的建置工作。由於該館收藏許多東方文物，其保存工作內容也是此次討論的重點。另外，CMA 將展開唐卡修復及科學分析工作，有關唐卡顏料的使用議題同樣為本院所關心，故此行也安排唐卡提件研究，並與研究人員與修復人員進行討論交流。

此次主要由目前任職於 CMA 的台灣旅美修復師蕭依霞女士協助安排參訪相關行程。保存部門交流之外，也參觀了博物館的展覽。

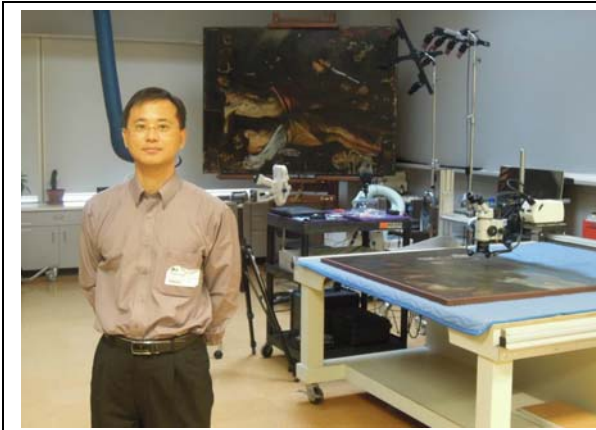




畫框工藝修復師向筆者介紹各時代的畫框製作工藝特色、風格與所使用之材料



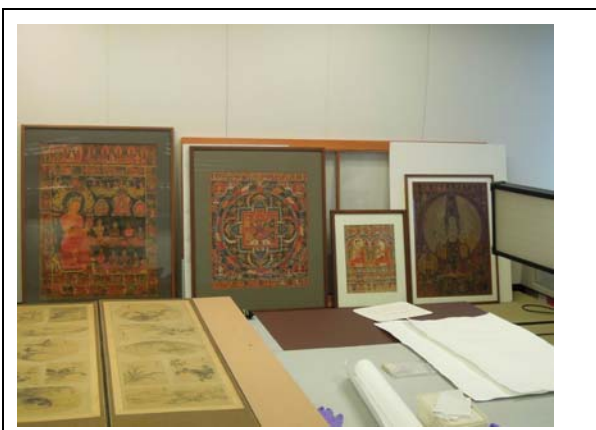
CMA 修復工作室一隅



攝於油畫修復室卡拉瓦橋(Caravaggio)畫作前



攝於東方書畫修復工作室



提件進行研究之唐卡



書籍文獻及細密畫修復工作室

## 5. 紐約大都會博物館文物保存部門及科學實驗室

主要與紐約大都會博物館文物保存部門及科學實驗室進行交流，並就東方文物之科學檢測議題進行討論，同時也參觀博物館展覽。大都會博物館這幾年在文物科學分析方面，有不少開創性的研究，特別是利用顯微拉曼光譜、表面增強拉曼散射(SERS)等技術研究有機染料，其他如 XRF、X 光影像技術及 FT-IR 等皆有相當廣泛的應用。此次參訪在器物保存部門，由 Lisa Pilosi 主任親自接待導覽，在科學研究部門部分，則由 Marco Leona 主任接待並介紹各相關技術並實驗室相關研究人員進行廣泛的討論。由於保存部門一般規定不對外開放攝影，因此，筆者並未拍攝相關紀錄影像。

大都會博物館的收藏相當豐富，待保存修復的物件也相當多。在保存部門，筆者與各類型器物的保存人員皆有廣泛而短暫的交流討論，涉及範圍包含古鐘錶、伊斯蘭玉器鑲嵌寶石、漆器、玻璃、陶瓷等。在寶石方面，因大都會博物館並未較系統地進行相關的科學檢測，有許多寶石的名稱也值得商榷。因本院過去幾年進行了不少寶石的科學分析工作，因此也分享相關經驗予大都會的保存人員。

在科學研究實驗室方面，主任 Marco Leona 博士是靈魂人物，本身是化學背景，過去的研究主要在顏料與染料的分析，特別是東方繪畫相關作品，近幾年也發展了有關染料檢測的技術，成果受到學界的肯定。筆者特別參觀其實驗室，並討論技術上的細節。此外，也與實驗室 SEM-EDS-EBSD 專家交流文物分析心得。另中國大陸四川大學考古實驗教學中心羅雁冰教授也正於大都會實驗室任訪問學人，筆者也和其短暫交流。另外，大都會許多展出的文物如伊斯蘭玉器珠寶、琺瑯、陶瓷等，與本院正進行的相關檢測工作內容有關，利用時間前往參觀研究。



Marco Leona 博士利用非破壞技術進行文物科學分析

<http://www.metmuseum.org/about-the-museum/museum-departments/conservation-and-scientific-research/scientific-research>

## 6. 紐約大學保存中心

此行利用訪問大都會博物館地利之便，就近參訪紐約大學美術研究所(Institute of Fine Arts)之保存中心(Conservation Center)。筆者拜會中心主任 Hannelore Roemich 教授，Roemich 向筆者介紹招收學生之條件、教學內容及與各大博物館建教合作之情形，隨後並介紹教學修復工作室和實驗室。由於保存中心內之工作室主要作為教學用，學生的實驗或修復工作主要與博物館合作，進行相關研究保存工作或實習，特別因為鄰近大都會博物館，且大都會的科學家和保存人員也於此開課，因此，保存科學的學生一般都擁有大都會保存工作室和實驗室的門禁卡。



Hannelore Roemich 教授向筆者介紹保存中心之各個工作室



Hannelore Roemich 教授向筆者介紹保存中心建築規畫內容



與 Hannelore Roemich 教授合影於紐約大學 IFA 之保存中心

### 三、心得

此次赴美交流，收穫良多，不論是技術層面或制度層面，對美國幾個不同文物保存中心或實驗室皆有更深入的認識。整體來說，一般博物館及美術館皆設有保存部門，但較大的博物館如蓋提中心、紐約大都會博物館，其保存中心和實驗室的專業人員及設備較齊全，分工亦細，研究和保存工作自然較為精緻，產出也相對豐碩。

在科學分析方面，「工欲善其事，必先利其器」，Getty 和 Met 都有較完整的設備，同時也經常透過與機構外的科學家合作，發展技術或進行文物科學研究。在專業人才方面，如同修復工作，因繪畫、器物、書籍文獻等各類文物材質之不同而有不同修復專家，科學檢測工作，也因分析技術知識背景不同及文物材料不同而需要有各類的專業人員，才能提升各類有機及無機材料之文物的研究水準。

美國博物館之間及研究單位之間的橫向交流極為密切，知識傳播及學術研究工作進展也較有效率。另一方面，Getty 保存研究所有專業的經理人，負責行政作業及協調工作，輔助專家能將大部分的時間專心投注於專業的工作上，對於工作效率及專業的提昇自然有極大的幫助。這一點在國內許多博物館皆望塵莫及。雖然各種專業工作皆會有伴隨的行政事務，但如果大部分的專業人員所能投注於專業的時間低於擔負行政事務的時間，則對單位及個人的專業發揮極為不利，不僅造成專業知識及人力資源的浪費，效率自然也大大降低。這是作為部門主管所必須慎重面對的問題。台灣近幾年來競爭力逐漸下降和人才外流是不爭的事實，有時經常是制度本身，如缺乏彈性的人事制度及未與時俱進的條文法規限制自身的發展。博物館不是單純的行政機構，有許多專業運行期間，如果以統一行政管理作為考量，雖然從「管」的角度作業較為方便，但若未能考慮各個專業要發揮必須尊重其專業文化及專業運作模式，則專業便很難發展起來，此種狀況不易吸引真正想發揮專業的人才，也可能造成博物館既有的專業人才外流。

另外，美國博物館的保存部門或實驗室與大學的合作密切，許多學生皆在這些中心或實驗室實習、撰寫研究論文，這是一種雙贏的機制，一方面培養專業人才，一方面也可以協助博物館保存工作之擴展。

此次交流目的亦希望建立國際交流管道與機制，並且儲備本院未來辦理文物科學檢測或文物保存相關國際研討會的能量，以積極在國際間文物科技保存領域扮演重要的角色。



## 四、建議

### (一) 文物科學實驗室運作經費應編入常態性公務預算

本院目前執行實驗室及檢測技術建置計畫，主要是申請科技部的政府科技發展計畫，但因執行計畫所衍生許多的行政事務（每年來自院內及院外各個不同部門的各式各樣的管考及績效評估作業、答覆立院質詢、伴隨眾多採購案的行政作業...等）所佔用的時間嚴重影響投入專業工作的時間，造成雖然實際上是執行計畫，但卻不能有效發揮專業的現象。由於文物科學分析工作是博物館例行性之業務，目前也廣泛服務於本院書畫、器物及圖書文獻之修復、展覽、工藝史研究工作上，因此建議未來應編入常態性的經費，維持實驗室的正常作業，專注於文物科學檢測工作上，否則，若本來就極少的專業人力卻投注於大量的行政工作，則專業便很能發揮。

### (二) 未來增聘文物科學分析專業人力

本院，過去較重視修復及預防性保存，但在文物科學分析這一領域的投注，不論是人力、設備或空間，皆有所不足，研究成果亦有限。由於本院有文物保存修復、展覽、文物徵集，以及工藝史研究之需，確實需要從科學分析的角度提供更多的資訊作為參考。在專業人才方面，如同修復工作，因繪畫、器物、書籍文獻等各類文物材質之不同而有不同修復專家，科學檢測專業分工極細，因分析技術知識背景不同及文物材料不同也需要有各類的專業人員，才能落實提升各類有機及無機材料之文物的研究水準，並且應付大量的文物檢測工作。

目前本院文物科學分析專業人力明顯不足。本院現階段計畫之目標以建置實驗室及發展檢測技術為主，同時配合本院展覽、文物保存及徵集工作進行相關文物分析。因目前執行科學實驗室建置計畫之正職專業人力僅二名(其中一名為本院南院處人力，目前主要仍負責南院處文物保存工作，特別是預防性保存業務)，必須依靠計畫所聘用之專任研究助理來協助，方能完成預定之相關任務。倘未來計畫結束，不再有專任研究助理，將面臨人力短缺之窘境，並嚴重影響本院文物分析工作之效率。由於文物科學分析工作不同於一般行政業務，需要具備文物材料及分析技術等之相關物理、化學和材料專業知識，同時必須累積相當經驗後方能作出較正確的判讀和鑑定，其專業養成時間較長。因此，因應本院將來可能的文保中心之文物科學檢測分析工作，有必要逐年增加正職科學分析專業人力至少 5 名以上，方能兼顧各類有機、無機文物材料研究，與各種元素、結構、影像等分析技術發展及儀器設備之操作與維護。因此，當務之急，乃規畫及培養未來正職的專業人力。

### **(三) 加強國際文物科學分析研究交流合作**

由於本院藏品以清宮舊藏之中國文物為主，國外有許多博物館或保存機構也進行過同類陶瓷、顏料、玉石寶石、青銅、漆器等各類文物材質之科學分析，因此，相關經驗和成果，可以互相交流，或者可就某一文物保存修復、工藝史或產地來源的問題共同合作展開研究。例如，顏料的產地或變色問題，可以就相同議題展開合作，各自就其收藏品進行分析，再藉由研討會或參訪交流分享成果；亦可藉由雙方所擁有的技術進行分工合作，分析同一（類型）樣品，人員的短期訪問亦是方案之一。

### **(四) 加強與國內學術單位或相關博物館交流**

美國博物館之間及研究單位之間的橫向交流極為密切，知識傳播及學術研究工作進展也較有效率。這一點也可提供國內參考。國內文保領域應建立更密切的合作關係，與一般科學界亦當保持交流，除了技術層面外，亦可就文物科學檢測議題進行合作，共同提昇研究效率與成果。

### **(五) 可與國家同步輻射研究中心(NSRRC)建立合作夥伴關係**

前面提到，同步輻射相關技術已廣泛應用於藝術與考古文物分析，其靈敏度與高解析度之特性，對於文物鑑識及解開隱藏於文物表相之後的許多訊息有極大的幫助。國內國家同步輻射中心(NSRRC)近年來進行台灣光子源(TPS)建置計畫，未來將成爲世界上最亮的光源之一，是科學研究的利器。本院或可與 NSRRC 建立合作夥伴關係，就文物保存議題進行交流合作，合作內容未必爲藏品文物，可以包含與文物保存或工藝史研究相關的各類模擬實驗、老化實驗或材質鑑識。