

cmchao / December 22, 2020 10:02AM

## [來去實驗室出田野](#)

來去實驗室出田野

2020.12.14 考古科技實驗室

作者：王冠文、徐苡庭

說到考古學家的田野，大家第一個想到的，大多是分佈在各地的考古遺址，但是，近幾十年來，各種科學技術逐漸被運用在考古學研究，因此產生了考古學的一門分支—科技考古，也有人稱為考古科學 (archaeological science、archaeometry)。科技考古學家主要的「田野」便是實驗室，所以，今天我們就來談談非傳統的田野經驗—實驗室。

在實驗室使用SEM-EDS (掃描電子顯微鏡配備能量色射X光譜儀) 分析古代玻璃。  
科技考古的跨領域本質

早期，考古學研究裡的科學分析資料，通常被動地做為發掘報告或研究報告的附錄，列出樣本與分析數據，沒有任何的詮釋與比較 (這實在很可惜!)。隨著學科的發展，逐漸出現以科學分析為主軸的考古學研究，強調以科學技術探討考古學出土遺留、現場遺跡、週遭的自然環境、或相關的工藝科技發展，並且透過科學或工程學科的概念，解讀科學數據背後的考古學意義，有時也發展新的技術，運用於考古學研究。

科技考古的本質是跨領域知識的整合，除了傳統的考古學知識，也需要其他領域的專業知識，如：地質學、材料學、生物學、化學、物理等，不同專業領域的整合十分重要且關鍵，幾乎不可能有人能成為掌握所有領域的通才，因此科技考古學本身也有許多次領域。

例如：冶金考古學是十分熱門的次領域之一。冶金考古學的研究需要了解冶金工藝的考古脈絡發展，同時，冶金原料皆來自自然界，因此需要基本的礦物學、經濟地質學的知識；冶金產生的成品會製成合金，所以也需要材料科學的訓練，了解金屬合金性質的變化、以及不同熱處理產生的相變化與材料性質的關係，因為這可能與器物的功能有關；冶金工藝產生的成品或半成品，會透過不同的網絡交易至各地，所以冶金考古學家也必須了解考古學如何討論物的交易與流通，甚至討論與冶金工藝相關的社會組織、社會發展等議題；除此之外，冶金考古學家也必須具備解讀考古發掘現場相關工藝活動遺留的能力。

早期參與科技考古研究的學者，大多來自地質或物理學科，接受的是傳統的地質學或物理學訓練，考古學幾乎沒有獨立的科技考古學程，因此，分析結果的詮釋較少見考古出土脈絡的整合。近二十幾年來，國外許多考古系所開始提供專門的科技考古課程，目的在於透過整合性的課程，養成能掌握科學分析與考古詮釋的學者；這類課程，有時也見於地質、材料或跨領域整合學科的課程設計之中。

簡而言之，以科技考古做為專業的研究者，存在各種不同的背景訓練，我們可以試著將之簡化成一個光譜，光譜的兩端分別是考古學 (archaeology-based) 與科學 (science-based)，每個專家學者的訓練背景不同，掌握的次領域的比重不同，在光譜的定位也就不同，所以即使是科技考古學這個領域，在合作的過程，本身也存在許多實驗室或團隊間的溝通與協調。

實驗室的溝通：你明白我的明白嗎？

實驗室是科技考古研究十分重要的一環，但是，並非每個做科技考古研究的學者，都有完整的實驗室設備與團隊 (一條龍是可遇不可求的啊!)，所以我們需要尋找合適的實驗室，或是想辦法開發能共同合作的實驗室團隊，這時候，有分析考古學樣本經驗的實驗室是很珍貴的。

筆者之一過去的一個研究，需要運用LA-ICP-MS技術做分析。這個技術常見於地質學、環境科學的研究，主要用於分析微量元素。在考古學研究中，使用LA-ICP-MS分析，可以在不破壞樣本外觀的狀況下，同時取得主要、次要、微量成份，所以該技術是目前考古學材質分析最流行的分析方法之一，特別是需要分析大量樣本的研究設計。

國外有合適的LA-ICP-MS實驗室，專門針對考古樣本，以收費的方式進行分析，只是筆者當時的研究經費窮到吃土，申請的田野經費、加上打工存的錢，都還不夠用來飛到田野地做長期的資料收集，沒有餘力選擇該實驗室合作，於是只能摸摸鼻子，自己找其他實驗室洽談。

找到的幾個實驗室，都沒有分析考古樣本的經驗，也並非使用前面提及的「非破壞或微損分析」之方法。於是，只好

又挽起袖子，自己找了開發這個分析方法的團隊的文獻來看，嘗試向實驗室說明選擇微損分析的原因、跟實驗室溝通如何調整儀器參數、如何安裝放置樣本、如何計算成份濃度，並且用標準樣本進行各種前置分析。

其中一個實驗室，原本就有自己的analytical protocol，也有常規性的分析需進行，不希望因為筆者的樣本，重新調整儀器參數，直接建議筆者使用他們的方法—先切了樣本，以別的技术分析主要成份，再以其中一個主要成份為基準，使用LA-ICP-MS分析微量元素—這類破壞性分析的方式，會大幅降低可分析的樣本數量（因為不是每一件都能切，也不能亂切），不符合最初使用LA-ICP-MS的研究構想，最後只好放棄與該實驗室合作。

另一間實驗室，則在半年至一年的溝通調整過程，前置分析順利完成了，也取得不錯的初步成果，順利開展往後的合作。至於合作過程遇到儀器設備壞掉需維修、幾批樣本分析參數不穩、懷疑考古樣本汙染儀器，之間的往來討論與調整，就是後來的事了……。而後續的資料解讀，由於實驗室本身對考古樣本並不熟悉，無法提供進一步的諮詢討論，所以分析數據所反映的原料、配方、古代交易活動等訊息，就必須靠科技考古學家努力的找出答案了。

另一筆者在研究上需要測量考古材料中的微量元素，使用的分析方法（ICP-OES或ICP-MS）必須先將樣本溶解稀釋於溶液中，再置入儀器做分析。花了兩年的時間，跟不同科系的研究人員以及技師合作，嘗試使用不同溶解材料的方法以及儀器的調整。

首先，與第一個實驗室聯繫後，考慮使用ICP-OES分析，分析前，跟合作夥伴嘗試用王水來溶解樣本，初步的結果是一樣本的溶液出現許多沈澱，無法順利讓樣本完全溶於溶液中，表示這個方法行不通，必須考慮以不同方式來溶解樣本。但是，該實驗室的夥伴並不知道其他溶解樣本的方法，團隊也沒有其他資源可供測試，所以筆者必須尋找其他合作對象。

接著筆者找到第二個實驗室，一開始也考慮使用ICP-OES分析，這次改用硼酸鋰熔融分解樣本，大部分的結果很不錯，但是，開始分析後，其中一個關鍵的微量元素（銀）卻量不出來，確切的原因目前仍在討論中。後來，合作夥伴建議用別的方式來溶解材料，並考慮換ICP-MS技術做分析。

#### ICP-OES之實驗儀器配置。

該項分析目前還是進行式，筆者仍在做各種嘗試與前置測試。不過，在這過程中，了解到許多理工科系的實驗室並沒有分析考古材料的經驗，所以很多時候我們是一起摸黑前進，而身為研究者，自己也要很有動力來促進合作的進行，才不至於停滯不前。

另一個重要的認知是，自己對於研究材料跟預期的分析結果必須要有概念，需了解儀器分析的過程、參數配置，才有辦法跟對方溝通跟討論結果，例如：考古材料樣本的成份濃度範圍與實驗室常分析的樣本可能不相同，如果機器的調機與校正並不適用考古材料，分析數據的準確度與精確度便會受影響—機器容易高估或是低估某些元素的濃度。自己的研究只有你才有概念，你的合作夥伴不一定了解，如果自己完全不了解自己的材料與分析方法，也就無從判斷分析結果的品質了。

有個值得一提的經驗是，許多實驗室習慣團隊合作，團隊合作需要花時間相處，當大家覺得你是團體的一分子時，除了比較容易取得做實驗、排上機的機會之外，團隊的PI、技師或是其他研究生也會對你的研究比較有印象，比較願意提出意見以及想法。筆者在與第二個實驗室合作的過程，發現他們的團隊習慣在每天早上11點，聚集在大廳喝咖啡，所以，筆者常在這個時間溜進大廳，跟大家一起喝咖啡聊天，有一搭沒一搭的聊實驗、聊研究或是其他瑣事，慢慢的建立與大家的交情。

簡單的說，跟不同實驗室合作，需要很多的耐心以及溝通，自己也要對分析方法有一定的掌握程度，對方不見得能理解你想要做的分析以及其重要性，他們有時也有自己的考量，例如：不想要儀器被考古樣本污染、或希望以實驗室自己學生的研究為優先等等，跨領域的合作本身也要相當有彈性。

Covid-19期間：研究產出也一起被隔離了？

這一年的Covid-19疫情，對於研究合作也有不小的衝擊，影響的程度當然也視各國疫情控制而定。

筆者之一有部分樣本需送至美國的實驗室做分析。年初，我們快馬加鞭的在台灣做完第一階段的紀錄與分析，趕在三月將樣本寄送出去。前腳才寄達實驗室，後腳合作夥伴就捎來一封信：「我們實驗室因為疫情暫時關閉了，我現在只能在家工作。」想當然爾，整間實驗室是不能一起打包回家的，於是這些樣本只能痴痴的躺在實驗室，等待重新開放

的那天。

實驗室無法運作，就沒有成果產出，沒有成果產出，報告就會難產，報告難產，研究者就會焦慮頭大想哭，研究者焦慮頭大想哭，還是要擦擦眼淚力圖振作。對於美國實驗室短期內重新開放，我們暫且不抱希望了，因此協議以年初在台灣取得的初步成果，先做簡單的考古資料整合。還好，美國暑假疫情稍緩，實驗室於八月底重新開放，趕在報告繳交前取得第一批數據，可以順利提交初步的分析成果，但是後續仍然有其他科學分析要進行，以及許多研究資料要整合，研究進度還是嚴重落後。

英國實驗室的狀況也沒有比較好。今天春天，英國也因為疫情封城，學校的實驗室從三月到八月停擺，筆者從放聲大哭到欲哭無淚。雖然八月底實驗室逐漸開始解封，但是使用時間限縮很多，原本一星期的五天皆可使用，調整為一星期僅開放三天；進入實驗室的人數也受到控管，視空間大小，僅能有1-2人同時使用。部分科技考古領域的學生，是透過合作關係，至其他系所的實驗室做分析，然而，解封後，學校系所的實驗室，只優先開放給本科系的學生使用，這樣的方針，除了無形間限制了做分析的時間之外，許多學生的論文進度，也因此大受影響，讓跨領域的研究更加困難——博士生的進度停滯，碩士生可能連進實驗室的機會都沒有，只能被迫調整論文方向。

一些英國的實驗室在解封後開始試用遠端操作機器，例如透過遠端操控使用掃描式電子顯微鏡（SEM）。操作前，需要位在實驗室的技師先幫忙把樣本放進樣本室（chamber），剩下的部份，就可以讓研究者自行遠程獨立操作。這樣的優點是，上機的時間比較長，也可以在下班時間繼續使用（該實驗室平時晚上五點後即關閉），實驗室也偏好使用者遠端操作，但缺點也顯而易見，除了需要技師幫忙換chamber裡面的樣本之外，有的時候遠端連線也會不穩定。

相較之下，台灣這端的實驗室，受到的影響較小，在春天疫情嚴重時，合作的實驗室會短暫關閉，只容許單一且能獨立作業的使用者在實驗室做分析，這裡的「獨立作業」指的是能自行操作儀器並獨立解決相關問題。疫情和緩後，台灣的實驗室雖仍做人數控管，但是大致的作業如常。

從這幾個例子可以看到，科技考古學者的養成過程，至少擁有1-2項重要儀器分析的能力，也是十分關鍵的一環，除了能更了解產出數據的品質之外，也能與實驗室討論除錯、調整方向，並且在特殊的狀況下，能自立自強。

筆者之一於居家隔離期間在家工作，使用電腦遠端操作SEM-EDS。

小結

許多時候，科技考古學家也被期待要走出實驗室，走入考古遺址，了解考古遺址的形成、或是與週遭地景的關係，並將之納入自己的研究。這樣的期待有其必要性，因為科技考古學的本質並非只是做為發掘報告的附錄，而是能獨立解讀、詮釋過去人類的生活與行為，必須以考古學議題為本，回歸考古學的研究。

但是，科技考古學做為一門學科分支，有其獨特的領域發展脈絡，實驗室技能的掌握、資料數據的處理、實驗室之間的溝通合作、以及考古與科學知識的整合，是科技考古學以實驗室做為「田野」的重要實踐過程。實驗室做為科技考古學主要的研究活動場域，比起單一學科的實驗室，更強調合作、溝通、以及相互理解的重要性，這是科技考古學「田野」的重頭戲，也是其不亞於傳統考古田野的挑戰之一。

本文採用 創用CC 姓名標示-非商業使用-禁止改作 3.0 台灣版條款 授權。歡迎轉載與引用。  
轉載、引用本文請標示網址與作者，如：

王冠文、徐苡庭 來去實驗室出田野 (引自芭樂人類學 <https://guavanthropology.tw/article/6848>)

---