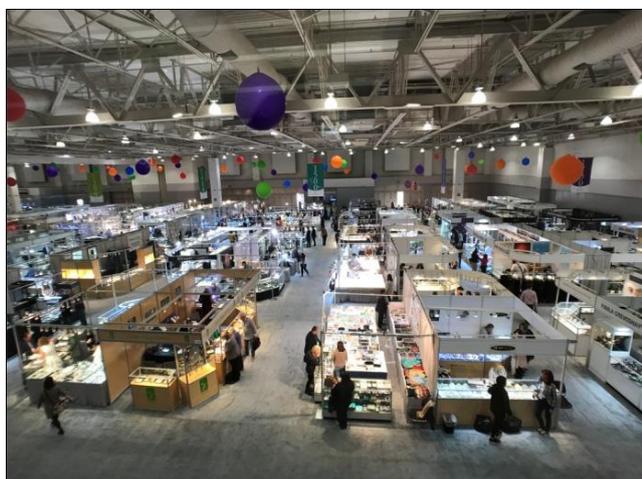


出國報告（出國類別：其他）

2018年土桑寶石、礦物與化石展售會 觀摩學習



服務機關：國立自然科學博物館

姓名職稱：林素止 約聘服務員

黃繼瑩 約僱服務員

派赴國家：美國

出國期間：2018.01.24 ~ 2018.02.04

報告日期：2018.03.20

目次

一、前言	2
二、出差目的	2
三、出差行程	4
四、觀摩心得	5
五、參訪行程紀要	10
六、結語	15

一、前言

科學教育組劇場教室同仁平日專職負責岩石、礦物、化石等相關地球科學課程教學，頗受學校及親子觀眾歡迎，也曾多次參與地質相關特展的科教推廣活動，例如 2003 年的「慾望天堂－寶石特展」、2006 年的「咬牙切齒」特展、2009 年的「水中蛟龍」特展、2010 年



的「大地瑰寶」特展、2013 年的「從龍到獸」特展與 2015 年「從海到陸」巡迴特展，為觀眾闡明自然科學之原理與現象，啟發對地球科學之關懷與興趣。美國亞歷桑那州土桑市 (Tucson, Arizona)，每年的一月底二月初所舉辦年度世界岩礦及化石展示會，是全球規模最大之岩石、礦物、化石交易場所，匯集了全世界主要的、著名的岩礦、化石商，標本種類繁多，更重要的是世界重要的自然史博物館人員多數參與此盛會，或者進行標本之蒐藏採購，或者進行標本訊息之交換，或者進行研究心得之討論，實屬同仁觀摩學習之絕佳機會。

二、出差目的

(一) 實際現地學習，豐富岩礦、化石標本的閱歷

劇場教室針對學校及親子觀眾的需求，利用現有之展示及蒐藏研究成果，設計多樣性的教育活動，以生動活潑、寓教於樂的方式，於足下寶藏主題區提供有關地球科學的知識，並經由特別設計的學習空間及教學活動，來引發深入觀眾學習的動機。

根據 106 年度開始到目前的場次統計，劇場教室總計開放近 4500 場次，近 4 萬人參與教室課程，其中選擇地球科學領域的觀眾就佔了 70%；而地球科學領域中，學習岩石、化石、礦物等地質相關課程的觀眾亦佔了 62%，顯示出學校與親子觀眾對於地球科學基礎課程的重視。

一年一度的土桑寶石、礦物及化石展示會，乃全球規模最大之寶石、礦物及

化石交易場所，匯集全世界主要的、著名的礦物商及化石商，會場中有著琳瑯滿目的各式寶石、岩石、礦物及化石標本，是觀摩認識各類岩石、礦物及化石標本絕佳的機會。藉由這次的機會，不僅可以增加岩礦知識的閱歷，這些經驗也可以在課程解說及展場與觀眾互動時增加講解內容的豐富度。



(二) 跟隨地質研究同仁深度學習

本館每年竭力於蒐集具代表性之岩礦及化石標本，其目的不僅提供典藏、研究，亦常做為展示及教育之用。此行配合專業同仁行程，透過觀摩學習、瞭解地質標本如何



選件、購藏，在研究人員帶領下深入了解、學習更有效率，增強自我知岩認礦的專業知識。回國後與同仁們經驗分享這些展示、教學標本背後的故事，應更能體會標本得之不易與其珍貴之處。且日後在規劃劇場教室教學及科教活動解說時，能為觀眾提供更深入、更專業的教學素材。

(三) 加州科學研究院展示教育取經

此行將參訪舊金山加州科學研究院 (California Academy of Sciences)，加州科學院是一個致力於探索、闡明地球生命與永續的科學教育機構，展示內容包含海洋、天文與自然史等，有多樣化的展覽與活動，如：寶石礦物特展、深海珊瑚礁特展、天文館夜間體驗活動等精彩內容。劇場教室同仁過去多次參與館內地質相關特展，如：線上蒐藏庫「亮麗的寶石礦物」特展、「閱讀岩石」特展，2018年館內預計展出的「矽裡乾坤-水晶與琉璃特展」、「早期的地球-前寒武紀」特展，劇場教室同仁也將配合推出相關科教活動。藉此行吸取加州科學院在展示與互動

教學上的呈現，增廣同仁的見聞，未來在發展科教活動時，對於如何串起展示物件與觀眾之間的連結，應會有新的啟發。

三、出差行程

本次預計行程共 12 天，於 2018 年 1 月 24 日出發，至 2 月 4 日返國，詳細行程如下：

- 1/24 (三) 去程：台灣到舊金山
- 1/25 (四) 參訪舊金山加州科學研究院 (California Academy of Sciences)
- 1/26 (五) 舊金山到鳳凰城，從鳳凰城租車開往土桑
- 1/27 (六)~1/30 (二) 礦物挑選、購置評估，以及與展示商進行議價交易
- 1/31 (三) 礦物包裝、裝箱搬運，與辦理保險運輸回館等事宜
- 2/1 (四) 參訪Tucson Convention Center寶石展
- 2/2 (五) 從土桑開車到鳳凰城，鳳凰城到舊金山
- 2/3 (六) 回程：舊金山回台灣
- 2/4 (日) 抵達台灣



四、觀摩心得

(一) 於開幕前一天抵達土桑後，立即積極進行礦物標本的挑選工作，由於主題會場分佈在各個不同的地方，根據年度土桑會場各類標本展售指南(Show guide)，先瞭解各會場大致的展出內容，並依據先前擬定的購藏方案，以礦物標本為大宗的大型展售會場優先前往選購。標本的選購主要為的是充實館藏的多樣性與增加學術研究的素材，並希望能兼顧作為未來博物館展示與科學教育推廣的任務。

在多方比較後選定目標，便與廠商進行議價，議價完成後，記錄基本資料(礦物名稱、產地)、以及進行包裝等工作。完成所有礦物標本的選購後，購買足夠的紙箱與包材，逐一整理、檢查、細部包裝、裝箱等作業。最後聯繫當地運輸公司，整併所有運送的標本，並詳列清單以利報關作業的進行，再由海運運輸回館，完成年度購藏計畫。



標本選件



學習岩礦知識



與廠商進行議價



現場記錄基本資料



標本細部安全包裝



每日購買標本後由賣場自行載回旅館



裝箱整併



委由運輸公司運送回臺灣

(二) 2018 年土桑岩礦化石展售會共有 45 個主題會場，期間匯集了全世界不同國家、不同產區的礦物標本，型態、產狀各異，種類繁多。所見所聞，略舉如下：



假象 (pseudomorph) 晶體

在礦物學中，假象是指某一種礦物或無機化合物已經變異為另一種礦物，故擁有的顏色、硬度等化學特質，但仍然保持舊有的結晶形狀。其原因往往是當礦物形成以後，由於周遭環境發生變化，原礦物可能受到熔體、高溫熱液或地下水溶液等影響而產生化學反應，使得原礦物的成分被熔體或溶液內某些元素所取代，轉變成另一種新礦物。在整個轉變過程中，雖然成分已經改變，但是晶體形狀仍然維持原礦物的晶形，我們稱它為「假象晶體」。一般對於假象晶體，常在礦物名稱前面加上「假象」(Pseudo) 二字，例如：下方左圖中白雲石 (Dolomite) 置換了方解石 (Calcite)，仍保有方解石的晶形，我們便稱它為假象白雲石

(Pseudo-dolomite)。但是，有些礦物晶體的表面，往往因後期溶液在晶面上晶出它種礦物而被覆蓋，此種僅是「表面覆蓋」的現象，不可以與假象晶體相混淆，例如：下方右圖中方解石晶體表面上為白鐵礦 (Marcasite) 所覆蓋。礦物晶體形態的多樣與多變，透過觀察與比對，會是很有趣的教案或科教活動，內容可針對單一種礦物進行探索，例如：方解石，探討它的化學組成、晶形與顏色、生成環境條件以及隨著周遭環境變化而產生的形或質的改變。



共生組合與伴生關係

在自然界裡，礦物經常多數聚集一起產出，這些礦物群(mineral assemblages)，若屬同一成因、相同成礦期或成礦階段下，兩種或兩種以上生長在一起的礦物群體，稱之為礦物共生。一般礦物共生組合有一定的脈絡可循，它主要取決於來源物質的成分和形成時的溫度、壓力等條件。因此，任何一種地質環境或岩石種類，都有其特定的礦物或是共生的礦物組合。例如：產在印度德干高原玄武岩孔洞內的魚眼石(Apophyllite)，便常與沸石(Zeolite)在一起(見下方左圖)。

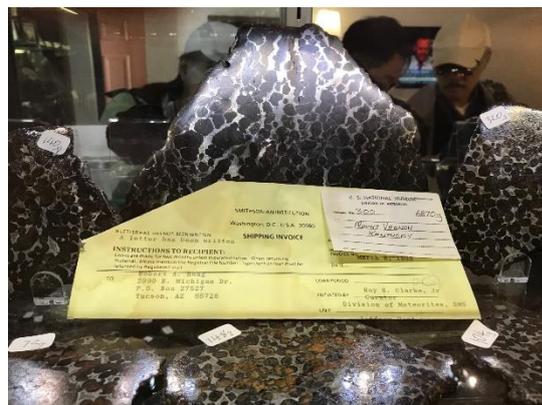
在同一空間內出現不同的礦物，而彼此又不是在同一成礦階段下形成的，我們稱這些礦物為「伴生」關係。其過程為礦物經由火成、沈積或變質作用直接結晶出來者，是為原生礦物(primary mineral)；當原生礦物受換質作用(alteration)形成新的礦物，則屬次生礦物(secondary mineral)。例如當黃銅礦(Chalcopyrite)等含銅的原生礦物與碳酸鈣質水溶液接觸後，往往會轉變成藍銅礦(Azurite)或孔雀石(Malachite)等次生礦物，若黃銅礦與藍銅礦或孔雀石一起出現，彼此就構成了所謂的伴生關係。因此，藍銅礦、孔雀石也常被當作尋找銅礦床的指標性礦物。礦物伴生並不侷限於原生與次生間的關係，有些在不同時期所形成的礦物，彼此並沒有成因關係，但在空間上卻一起出現，這類的礦物亦可稱為伴生礦物(下方右圖)。探討礦物的地質生成環境條件，原生礦物、次生礦物的生長演化，可延伸探索台灣在地地質環境與時間環境變遷的歷史。例如：台灣北部火山作用後期熱液金銅礦床、全球僅發現於台灣北投溫泉、日本秋田縣玉川溫泉的北投石(Hokutolite)，也會是一個很好的例子。未來於館內或許可以規劃岩礦專題系列演講，讓觀眾透過研究人員的視野，一窺岩礦的美麗與奧秘。



新發現的礦區、新的產狀或罕見的礦物



綠泥石 (Chlorite)



石鐵質隕石 (Siderolite)

隨行地質學組研究人員的蒐藏採購計畫，得以觀摩研究人員如何在有限的預算下，順利達成年度購藏任務。首先會參考館內原有的蒐藏目錄，決定選購的優先順序，購買岩礦標本時會考量幾個原則：館內蒐藏庫沒有的、新發現的礦區、新的產狀或罕見的結晶、新發現的標本等，如上圖的綠泥石 (Chlorite) 與隕石 (Meteorite)。

來自外太空的隕石 (Meteorite) 是由不同礦物所組成，根據所含鐵、鎳成分的多寡可將隕石區分為三大類：由橄欖石 (Olivine)、輝石 (Pyroxene) 與長石 (Feldspar) 等礦物為主的石質隕石 (Aerolite)；由矽酸鹽與鐵鎳合金約各佔一半混和組成的石鐵質隕石 (Siderolite)；以及由鐵鎳合金組成的鐵質隕石 (Siderite)。隕石和地球雖然有類似的形成過程，但形成之後的命運卻大不相同。聚集了巨大質量的地球歷經 46 億年演化，和質量微小且幾乎維持原狀的隕石已經不再相同。因此對於隕石內部的物質成分和礦物結構的分析，就等同於看見地球最初的原始狀態，讓我們可以一步步揭開地球組成物質與結構的演化過程，瞭解地球曾經經歷過的各種事件，以及與其他星球形成過程的關連性，甚至是整個太陽系的演化。館內若有規劃相關地球演化初期的地質特展，屆時在特展現場，可配合推出以隕石為主題的教具車進行科教解說活動。

五、參訪行程紀要

舊金山加州科學研究院（California academy of sciences）

加州科學研究院創立於 1853 年，距今已有超過 150 年的悠久歷史，是美國西岸第一座科學博物館。1989 年舊金山大地震重創過後，重新於原址建造新館，歷經 10 年籌劃，於 2008 年 9 月 27 日新館完工、重新開放。加州科學研究院坐落於舊金山金門公園內，占地 400000 平方英尺，擁有超過 2600 萬個標本，每年吸引上百萬人次參觀。建築地下層為水族館（Water Planet），一樓的展示區有非洲館、地震、熱帶雨林、人類奧德塞、等，頂樓為佔地 2.5 英畝的生態屋頂（Living Roof）。



一樓入口大廳展示一霸王龍骨架標本與館內的入口澎湖古象一樣，以壯觀的霸王龍迎接參訪的觀眾，邀請觀眾走入科學知識的殿堂，探索地球上生命的多樣性。

地震展示區

宇宙中有許多星體，目前只發現地球有生命出現並擁有豐富的生態環境，地球的構造便常會是觀眾喜愛討論的話題。展示場利用岩石、隕石標本讓我們觀察地球內部地層的組成物質，且透過地震波的模擬動畫認識地球內部構造。劇場教室足下寶藏主題區的教案「認識岩石」主要是介紹岩石的種類與特徵，而岩石是組成地球地殼及地函（岩石圈）之固體部份的物質，因此在未來課程內容中可延伸探討地球內部的構造，以及科學家如何找到證據來得到地球科學的資訊。



地球內部構造與組成展示

地球的歷史估計有 46 億年，現在所看到的陸地與海洋的分佈，與幾億年前並不相同，地球像是有生命似的會一直持續的改變，是一個動態的星球。板塊構造學說是地球科學發展上的重要學說，整合了大陸漂移學說與海底擴張學說等理論及科學證據，研究板塊在地球表面如何分布、移動，並如何影響地表



利用觸控式螢幕合作完成板塊拼圖

各種地質活動和地形景觀的學問，影響人類生活的地震和火山爆發，正是板塊運動的力量。此區有化石標本的紀錄、大陸地殼與海洋地殼的岩石標本、立體的板塊邊界模型等展示，還利用互動式遊戲讓觀眾參與板塊運動的歷史過程。展示主題與館內生命科學廳展示及地球環境廳 SOS 劇場內容有相關性，劇場教室地動驚魄主題區亦有介紹板塊運動的教案「板塊構造學說」，內容詳細介紹板塊運動的原理、現象與地質證據。此區的參訪激盪出未來增廣教案內容及活動規劃的想法：未來課程可與展場導覽結合，設計為動靜皆宜的主題式的活動，深入介紹板塊構造學說的內容；課程可設計互動性的遊戲，例如運用板塊磁鐵模組，讓觀眾根據提供的證據，自己拼出 2 億多年前的盤古大陸；因為臺灣位於環太平洋的火山及地震帶上，且地質條件特殊，課程內容可深入探討讓觀眾瞭解臺灣島的形成與變化。



隨著地質時間變化，陸塊漂移的動態展示未來也可加入課程中。



美國加州地區的立體模型展示，館內則可介紹臺灣島的形成。

岩石是構成地球岩石圈的固體物質，而礦物是組成岩石的基本物質。礦物具有綺麗的色彩和精雕細琢的結晶造型，在日常生活中的應用非常廣泛，同時記錄了地質生成環境與地表環境變遷等地球歷史，是我們探索地球的一把鑰匙。足下寶藏的教案「生活中的礦物」讓觀眾可以瞭解礦物的定義、有哪些基本的性質等知識，結合礦物教學標本的運用，加深觀眾的印象與互動，深受學校及親子團體喜歡。在加州科學研究院發現除了觀賞式的展示或互動性的模組外，亦有教具車為觀眾講解不同的主題，如礦物、骨骼、毛皮等，未來館內也可提供類似的活動，可推出操作式的礦物教具車或規劃為活動攤位的內容，成為民眾瞭解礦物的一塊入門磚，不僅寓教於樂，同時也可以推廣劇場教室的服務內容，拓展服務的觀眾群。



礦物主題的教具車演示

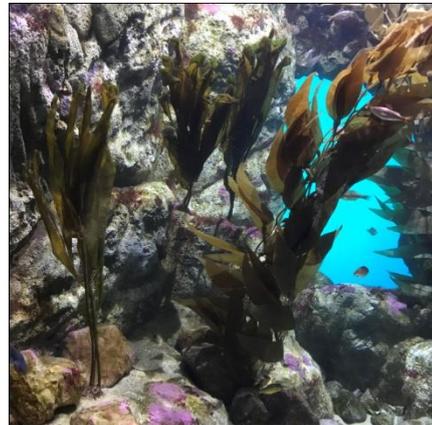
斯坦哈特水族館 Steinhart Aquarium

地球上海洋的面積占約 70%，大約是三億六千萬平方公里，最深的海溝可達一萬一千多公尺，整體水域空間共約 14 億立方公里。如此廣大的海洋是最早孕育地球生命的地方，也同時會影響地球氣候變化、物質循環及整個生態系的正常運作。斯坦哈特水族館是展現了世界上最豐富海洋生物種類，共有 7 個展示單元，環繞 3 個人工島嶼，包括菲律賓珊瑚礁、北加州海岸、亞馬遜雨林、沼澤、.....等區域，可近距離觀察珊瑚礁、濕地、沿海生態的生物相。這皆是地球上水域生態圈中具有高度生物多樣性的區域，身為在陸地生存的人類，平常不容易下水體驗水中的奧秘，



珊瑚礁區—親子共賞地球上最美麗、最脆弱的海洋生態系統

藉由水族館奧妙的設計，就像在海中遨遊一樣，認識這些我們平常無法接觸到的動植物，並瞭解這些生物如何在水下的環境中生存。館內雖沒有這樣廣闊的海洋展示空間，但擁有的資源也非常的多元，例如：植物園有熱帶雨林溫室及亞馬遜河生態池、地球環境廳有小小動物園珊瑚生態缸、微觀世界有設置海洋世界互動體驗及顯微鏡觀察區、芸芸眾生展場有紅樹林及臺灣大甲溪口海岸生態展示、劇場教室有學校與親子團體都喜愛的「潮起潮落－潮間帶」及「珊瑚與珊瑚礁」教案，此外館內生物學組的研究人員可提供豐富的研究資料與專業知識背景。於加州科學院觀摩的資訊未來可以放在教案中增加課程豐富度；另外配合海洋教育或生態多樣性主題可設計活動將植物園及展場的內容加以包裝結合；再邀請學組的專業人員舉辦專題演講，皆可以提供觀眾多樣化的服務內容。



加州海岸區－展現沿海水域豐富的動植物相與巨大海帶形成的海底森林

Color of Life 特展

自然界中可以看見各種不同的色彩表現，這些顏色的變化與生物的行為與生存息息相關。類似聲音一樣，繽紛的色彩也成為各種生物傳遞訊息的方式，有的是為了引誘獵物接近，有些是在警告捕食者不要靠近，還有生物會偽裝成其他生物型態或模擬環境的顏色來保護自己，或是想獲得異性的青睞。展覽介紹在不同的棲地環境下生物們會展現哪些顏色、顏色會如何影響生物間的互動關係，並探討色彩對於物種生存的重要性。地球環境廳芸芸眾生與臺灣自然生態展區是劇場教室同仁負責導覽，之後或許可以將色彩與生物的連結加入導覽的內容中；也可結合展場、植物園或戶外庭園來設計活動，讓觀眾認識大自然的顏色。另外，現在很多的孩童生長於都市，少



與大自然的接觸，也難怪會對於野外生態環境疏離。親近大自然的方式有許多，除了可設計展場、植物園或戶外庭園的體驗活動外，未來可規畫與館外單位合作，借重在地的資源，引導觀眾利用身體的聽覺、嗅覺、視覺、觸覺等感官去探索自然，會讓觀眾有更深刻的感受，並領略大自然的色彩。

生態屋頂 (Living Roof)

加州科學研究院的綠覆生態屋頂可產生隔熱作用，且屋頂氣象站隨時監控風、雨及氣溫的變化，保持內部空間適當溫濕度及自然光照射，減少空調的使用及室內照明的需求。另外，生態屋頂以有機泥土覆蓋，栽種加州原生植物，吸引許多昆蟲在此活動；亦能匯聚雨水，並經過生態系統過濾污染物質後即可回收再利用。現在氣候變遷的議題在世界各國愈顯重要，如何能夠節約能源就變成我們保護地球的一個很重要的事情。除了從生活中隨手關閉不需要的電源及用水，建築空間的設計也會影響能源的運用，越貼近當地氣候，創造因地制宜的居住環境，更能達到節能減碳的效果。臺灣也有許多的節能建築越來越多元，可以與相關單位聯繫，討論一起合作舉辦參訪的科教活動，讓觀眾實際瞭解建築節能的可行性，在心中種下人類與環境共存共榮小小種子，共同為永續的地球環境而努力。



志工講解生態覆土中每一層結構的運用原理與機制



屋頂有自然光灑落在熱帶雨林溫室。可惜參訪當天溫室整修中，暫停開放。

六、結語

現在是資訊爆炸的時代，很多問題的答案或知識都可在網路上輕易地取得，但以博物館科學教育的推廣經驗中，教育觀眾如何用正確的方式接觸標本、用眼睛觀察比對標本的特徵、用對答的方式啟發觀眾的合作思考、適時的經驗分享與討論，這樣的互動學習模式，更能留下深刻的學習印象，進而達到教學的目標。雖說網路無國界，數位學習可以成為方便汲取知識的管道，但實體標本的操作體驗是博物館在實施科學教育上無法被取代的部分。

珍貴的礦物標本常常是進行科教活動、解說上課時，很重要的教學物件，在生活中的應用也非常廣泛，但往往不易察覺。土桑每年的礦物化石展售會，在短時間內匯集了全世界知名的交易商，帶來了不少珍貴的標本，為博物館蒐藏及觀摩學習礦物相關專業知識，提供了一個相當重要的管道，得以看見分布在各個不同的國家、礦區的礦物標本。這樣的經驗彌足珍貴，未來於岩石礦物的課程中，可以提供觀眾更多元的教學內容。

此行的目的除了觀摩、學習研究人員如何購置館藏的礦物標本，豐富對岩礦知識的閱歷外，另一個要務是觀摩學習加州科學研究院（California academy of sciences）在科學教育上的展示設計，以及於展場中如何與觀眾進行互動教學。此次參訪其他知名的博物館，打開了我們的視野，得到很多新的體驗，對於未來在科教活動及教案的規畫有了新的啟發。感謝館長與長官們的支持，讓我們有這次參訪的機會，這次的經驗希望能應用在將來創造更吸引人的科教解說活動，為科學普及教育盡一份心力。

丹麥詩人必特拉斯·西佛林納斯（Petrus Severinus）曾有這樣一首詩，其中的舉例或許因時空演變不符合現實，但其詩意卻最能表達我們此行的心境。

去吧！孩子，賣掉你的田地、衣服和戒指；燒掉你的書，給自己買雙堅固的鞋子，登上山頭，邁向山谷、沙漠、海濱和深淵。觀察動物的習性、植物間的異同和各式各樣的礦石，研究萬物的起源。常向農人請教，學習天地之妙，不要感到難為情。最後，買些煤炭，升起火爐，不停的觀察與試驗；這樣，你才能了解自然萬物之道。

—必特拉斯·西佛林納斯（Petrus Severinus） 1957