

教育部 105 學年度中小學科學教育專案期中報告大綱

計畫名稱： 國家寶藏(三)東臺灣寶玉石之科學特性及實驗模組研發
主持人： 周裕欽 電子信箱： ching591@gmail.com
共同主持人： 廖品蘭
執行單位： 國立東華大學附設實驗國民小學

前言

本研究為延續性計畫，本(105)學年度為計畫執行之第三年。為協助各位委員及讀者容易掌握前兩年計劃的執行概況，研究者擬將 103 及 104 學年度的執行成果摘要整理如下。

成果一、完成臺灣玉光學特性調查，並將觀察成果撰寫成「認識臺灣珍貴玉石-臺灣玉貓眼」及「色溫柔質細膩-臺灣蠟光閃玉」兩篇文章，發表在 Jewery World(珠寶世界)70 期(2016 年 3 月)及 75 期(2017 年 1 月)雜誌。

認識臺灣珍貴玉石-臺灣玉貓眼 Jewery World(珠寶世界)No, 70(2016/03)。	色溫柔質細膩-臺灣蠟光閃玉 Jewery World(珠寶世界)No, 70(2017/01)。

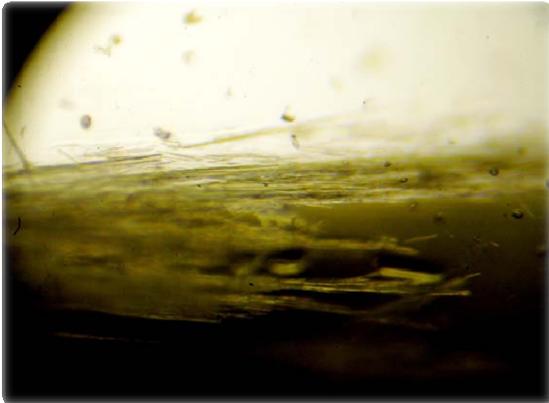
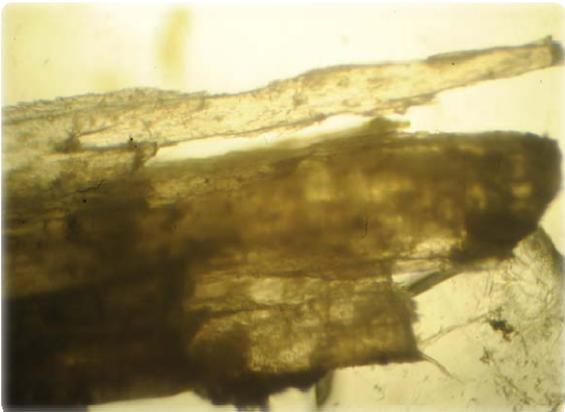
本研究所探討的臺灣玉科學特性，粗分成「光學特性」以及「結構特性」兩類，分別彰顯在玉石的特殊色彩與質地向度上。其中，臺灣玉貓眼以及臺灣蠟光玉所具有的特殊光學與結構特性，有別於世界其他出產閃玉的國家，形成臺灣所獨有的臺灣玉貓眼現象，甚至形成數量極少的黑、蜜糖黃貓眼玉石，實值得國人加以認識珍藏。

臺灣閃玉、臺灣玉黑貓眼	各種色澤的臺灣玉貓眼

因此，研究者特別挑選臺灣玉貓眼以及臺灣蠟光閃玉這兩類玉石作為簡介，將研究成果撰述成文章，推廣給社會大眾，邀請更多人認識臺灣所擁有的這些珍貴與美麗的玉石。

排列整齊的石棉纖維結構，形成聚光效應，造就世界獨有的臺灣玉貓眼現象

臺灣玉之所以能夠形成貓眼的光學現象，主因在於臺灣玉礦體內含有絲狀的石棉纖維。但，並非所有內含石棉纖維的臺灣玉礦體，都能取出優質的臺灣玉貓眼。仍需具備兩項條件。第一，原礦與石棉纖維膠結必須夠硬、夠韌、夠扎實。第二，礦體內石棉纖維必需整齊、平行、密集。石棉纖維如果結構鬆散，或者膠結程度不夠，都會使得原礦過於脆裂，以致玉工琢磨時，無法成形。石棉纖維走向若過於彎曲混亂交錯，就算膠結程度夠，也同樣無法取出優質的臺灣玉貓眼飾品。

	
平行排列的石棉纖維結構，是形成臺灣玉貓眼現象的主因(1)	平行排列的石棉纖維結構，是形成臺灣玉貓眼現象的主因(2)

這顆稀有的黑貓眼原礦所展現的石棉結構是以平行排列的方式構成，雖然還沒打磨成形，但在光線的照射下，已經能夠觀察到礦體外表的石棉隨著光線角度變化而擺動反射，從這個角度來看，已經可以判斷這屬於質地優良的黑色貓眼玉原礦。

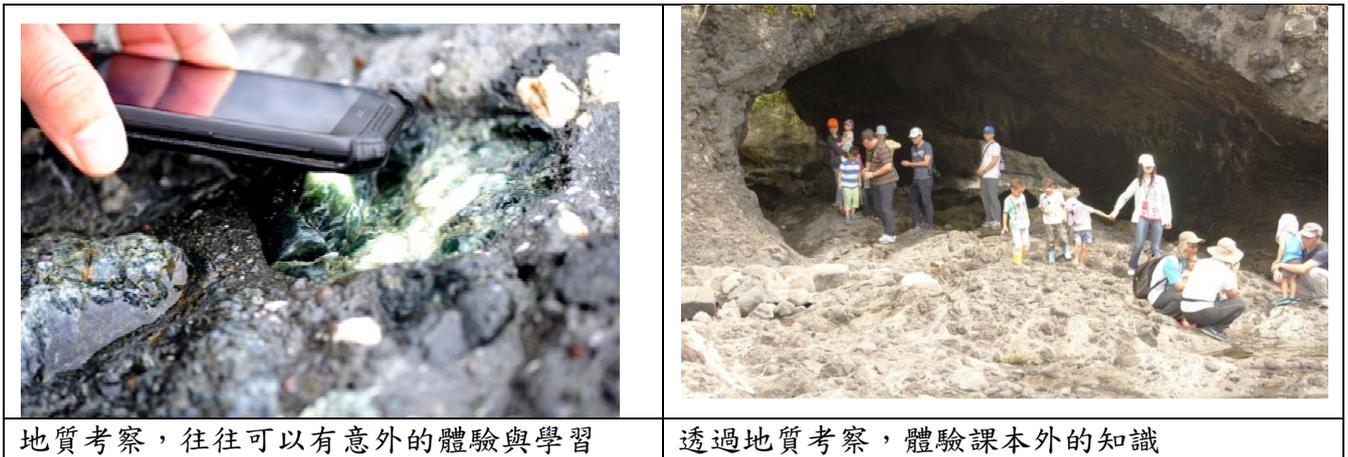
	
整齊排列的纖維，可以取出好的貓眼玉飾品	從原礦石棉纖維走向，可以判斷貓眼玉的質感

蠟光玉細膩的結構與漫反射光學效應

蠟光玉的組成成分顆粒非常微小(平均約在 15 微米左右)。從微觀的角度來看，由許多微小的顆粒所組合成的玉石表面隙縫也相當的小，但比蠟光玉顆粒還要小的光粒子打在蠟光玉表面，仍會使光粒子穿梭在顆粒的縫隙間，並向四面八方產生漫反射(diffuse reflection, 圖 1)的特殊光學現象。這使得我們再觀察蠟光玉的表面構造時，雖然無法抓取像鑽石一樣的璀璨耀眼，卻因此形成如脂似蠟的獨特光澤效應。

成果二、完成臺灣閃玉及玉髓產地之地質調查活動

約在1億年前，古太平洋板塊隱沒入歐亞大陸板塊底下，造成一系列的火山噴發，巨大的擠壓力道將大陸棚沈積物推擠冒出海面，古臺灣島因而就在這稱為南澳造山運動的第一次造山運動中從海底逐漸抬昇現身。之後，約在2000萬到1000萬年前，屬於大陸板塊的南中國海板塊向東隱沒到菲律賓海板塊底下，在菲律賓板塊的西緣生成一系列的火山島弧(此即為海岸山脈的前身)，但當時還未移動到現今的位置。



由於菲律賓海板塊的比重在 3.3-3.7 之間，比地球深部地函(比重 3.3)還要重，因此菲律賓海板塊就像一片鋼板沉入泥土中一樣，很容易隱沒到地函內部。而歐亞大陸板塊比重約為 2.7，因此地函還要輕，因此當歐亞大陸板塊向東隱沒到菲律賓海板塊下時，因其受到浮力的阻礙而無法深入地函，導致歐亞大陸地殼被堆擠在隱沒帶的前緣，產生擠壓而變形，部分甚至抬升而形成現今的中央山脈；另一部分則下沉沒入到菲律賓呂宋島弧的下方，將菲律賓海板塊抬升成為臺灣島東側之海岸山脈。

根據板塊構造學說，歐亞板塊與菲律賓海板塊碰撞導致地殼受到外營力之作用而變形，在中央山脈前緣最為劇烈，促成花蓮縣境內中央山脈邊緣的區域常出現斷層、褶曲、斷裂等豐富的地質條件，也促使這附近的岩石紋路變化大、硬度高的現象。此外，兩板塊撞擊的過程，產生了高溫與高壓的物理現象，亦誘發了岩層產生變質的化學作用。當板塊撞擊，岩盤隱沒到地底，若侵入到岩漿層，將使得岩層受到融熔作用而溶解。部份岩層也將受到高溫高壓的作用而變質。

如此一來，受到造山運動的影響，臺灣花、東兩縣之地殼變形及變質，高溫、高壓的物理化學作用反應相當劇烈，提供當地寶玉石非常有利的發展條件，再加上適逢適合的礦物嵌置期間，因此造就了花東地區臺灣玉及玉髓礦物的生成。

(一)臺灣玉礦區在中央山脈東麓花蓮縣境內形成

臺灣玉，又稱為軟玉或閃玉(Nephrite)。全世界出產閃玉的國家頗多，除了臺灣之外，中國、韓國、俄羅斯(以上為亞洲國家)、澳洲、紐西蘭、巴布亞紐幾內亞、新喀里多尼亞(以上為紐澳及大洋洲國家)、美國、加拿大(以上為美州國家)、波蘭、瑞士、義大利(以上為歐洲國家)、及辛巴威(非洲)等國亦出產閃玉，臺灣閃玉曾經成為世界上最為重要且年產量最大的國家。

造山運動引發強烈的板塊擠壓，伴隨出現了高溫以及高壓的物理化學作用，同時將歐亞大陸東側推擠隆起成



中央山脈。造山運動使得潛藏在地底的泥岩變質成黑色片岩，地函岩漿隨著地底裂縫上升，遇上了由鐵鎂質岩塊變質而成的蛇紋岩及其它礦物，再經與地下水中的石灰岩鈣產生融溶作用，在深入地底八公里，溫度達 330°C 的條件下形成臺灣玉礦床，後經長時間地殼擠壓抬升後，逐漸隆起於淺層地表，再被採礦人所發現。

從地理位置來看，臺灣玉集中在中央山脈中段東麓，行政區隸屬於花蓮縣境內之壽豐鄉豐田村與萬榮村兩地，礦床的厚度 10~50 公分，局部甚至可達 200 公分厚，產狀則賦存在蛇紋岩以及石英岩脈的變質礦體中。

花蓮縣所產之臺灣玉礦夾雜著許多鉻鐵礦、柘榴石、綠泥石、磁鐵礦等小型礦物，特別是個鐵礦中含有全世界少有的微量鋅，使得臺灣玉外表佈滿許多黑色的斑點及條紋，成為區辨臺灣玉與其他世界各地閃玉的主要關鍵。

此外，由於與臺灣玉共生的蛇紋石跟臺灣玉一樣具有溫潤透明以及美麗的色澤等特性，近年經濟部及國內許多愛好內含玉質高的蛇紋石玉，將其推廣改名作為「臺灣墨玉」，使得我們在分辨臺灣玉及臺灣墨玉時，必須多一些區辨的技巧及學理基礎。



臺灣玉含銻，易出現黑點。



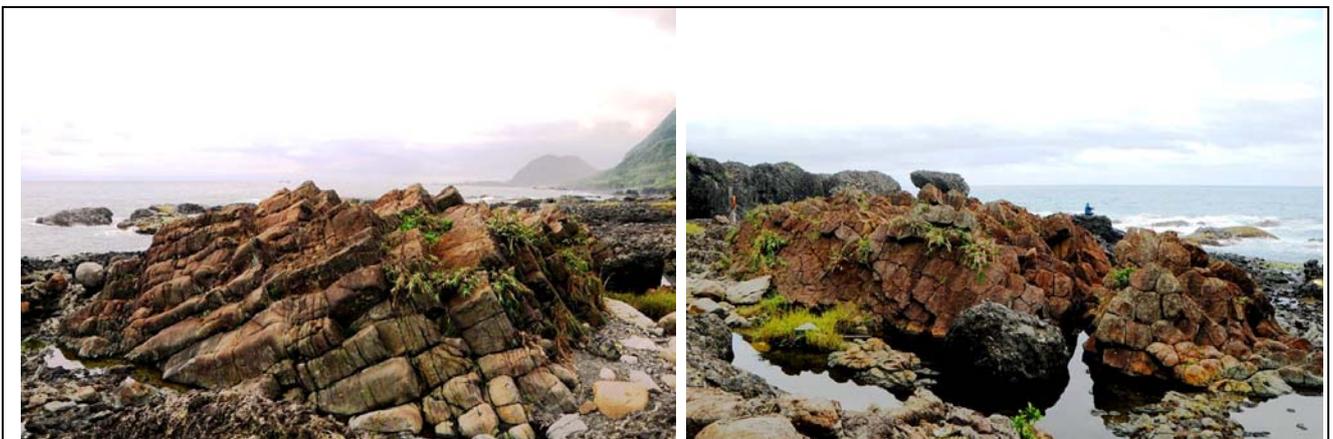
臺灣墨玉，帶有磁性，因含磁鐵礦

臺灣玉溫潤剔透，材料大可雕成與人物一般高的擺設品，小至各項珠寶飾品，由於其硬度在 6 度以上(硬度 6~7)，比重 2.98~3.10，具玻璃光澤，中度透明至不透明，在顯微鏡下係由細纖維狀或細毛絨狀的透閃石所集結而成。化學成分分析，臺灣玉含二氧化矽 (SiO_2) 及石灰 (CaO)，臺灣墨玉則氧化鎂 (MgO)，具有磁性，比重與透明度都較臺灣玉小，可做為區辨兩者的主要依據。

(二)東海岸海岸山脈出產各種不同色澤的玉髓礦

玉髓屬於石英類(Quartz)寶石，是地表常見的礦物之一，主要構成的化學成分為二氧化矽 (SiO_2)，晶體構造為六面體菱形柱，通常形成於火成岩、變質岩和沉積岩中；質地從透明到半透明皆有，由於和有大量的二氧化矽及水，因此肉眼看起來帶有玻璃光澤。

石英礦在承受不同推擠及壓力、溫度條件的作用下，可能形成水晶、瑪瑙與玉髓等飽含二氧化矽的同類礦物。由於玉髓礦物具備清、透、明、亮的特性，早在數百千年前，受到中國歷代達官貴人與文人雅士的喜愛，紛紛將之雕作為藝術或者生活用品，例如展覽於國立臺北故宮博物院地「肉形石」(黃玉髓雕琢而成)以及「清朝乾隆三連印」(黃玉髓雕琢而成)，都是玉髓類寶石的作品。



石門火山頸，屬於火成岩的地質景觀，為臺灣東岸留下造山運動的地質證據。

花東兩縣境內海岸山脈所產的玉髓，主要是受火山活動引發地底二氧化矽(SiO_2)為主之岩漿熱液上昇，隨著溫度與壓力逐漸下降後，凝結成隱晶質礦物後形成。在顯微鏡觀察下，內部

結構常呈放射纖維狀，有蠟狀光澤，透明至半透明，折射率 1.537，比重 2.58~2.62。由於玉髓在形成過程中，岩漿流經的地質礦物含有各種不同的金屬元素，例如鐵、錳、銅等，使得東海岸的玉髓呈現白(純玉髓)、藍或綠(含銅礦)、紫(含錳礦)、紅或黃(含鐵礦)等多樣繽紛的色彩，住在當地的居民們早已對這些上天賜予的寶物，產生了情感上的依託與價值的認同。

近幾年藍玉髓被以「臺灣藍寶」之名伴隨觀光業及玉石社團的宣傳、包裝，已逐漸被轉化成一件件的商品，透過被炒得火熱的金錢交易行為，花東地區所產的臺灣藍寶以及各類寶玉石成品、雕刻、飾品，正在大量與快速的流出到他鄉，成為陸客來臺爭相收購的對象。

	
花蓮嶺頂遺址附近，出現一條玉髓礦脈	這礦脈見證，海岸山脈北端出產玉髓的證據

依照經濟部的統計數據，花東地區合法擁有寶玉石採礦權的業者多達 14 家，且其地理位置聚集於花蓮縣秀林、壽豐、豐濱，以及臺東縣東河鄉、長濱及成功鎮等鄉鎮地區。臺灣玉位於中央山脈東側花蓮縣境壽豐鄉；玉髓礦物位於海岸山脈。這些礦產的開採與玉石觀光引發一波波商業熱潮，雖促進了花東產業的發展，活絡了當地的經濟市場，卻也同時造成地區環境生態衝擊。

花蓮縣政府環境保護局曾經評估過。花蓮縣境內的寶玉石礦區多數位於斷層帶上，又位於集水區。加上現有礦區的開採方式過於簡略，造成水污染、環境地景改變，使得動植物的生存棲地遭受破壞，間接造成許多野生動植物瀕臨絕種、水資源枯竭，亟待人們給予重視與保護，才能使大地獲得休養生息，再度繁盛以維持生態平衡的機會。因而花蓮縣政府近年逐漸將礦區

的採礦權收回，限縮礦主採礦的權力。此等顧及地方環境發展的政策與美意，實應給予花蓮縣政府大力的支持與肯定。



本研究團隊認為，在保護國家土地永續利用之環境意識抬頭及地區發展之經濟需求雙軌平衡的前提下，唯有透過教育與文化宣導活動，協助地方居民從科學認知與文化認同的雙軌角度，建構地區居民認知東臺灣寶玉石的科學特性與文化價值，才能有效提高住民興起珍愛資源，並創造更多元的社區文化活動。也唯有從科學教育的普及推動，讓地區住民能夠從科學角度，認知臺灣寶玉石產狀與產程的各種面貌，才能協助居民深入認識這些得來不易的國家珍寶，也才能有效喚醒地區民眾願意採取珍惜與愛護東臺灣寶玉石的積極行動。

104 學年度開始，研究者踏查東海岸八仙洞展示館時發現，原來早在 15000 年前，舊石器時代的住民，即已使用尖銳以及鋒利的玉髓礦作為鑽、切與撬之工具，使得研究者想進一步透過玉髓礦的文化教育層面調查，嘗試開啟這方面研究的構想與行動。



成果三、與學生共同合作，完成「史前時期臺灣玉鑽孔材料研究」

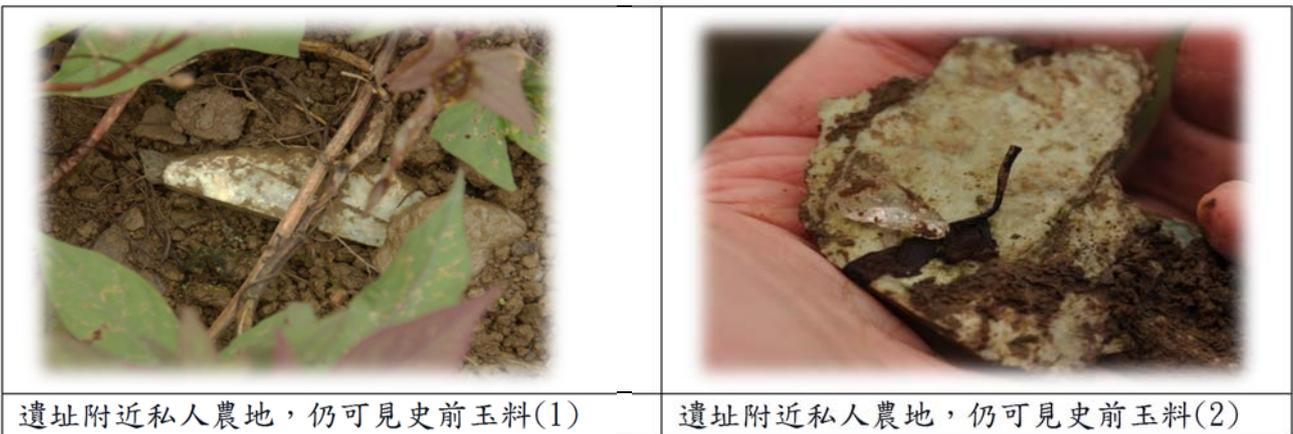
臺灣玉在 3000 年前，即已被當時的住民運用在生活器具以及裝飾的功能上。依照葉美珍的記錄，臺大考古團隊於臺東卑南鄉歷經 1980-1989 年的考古挖掘記錄，總共挖到上千件式樣繁多且造型迥異的玉玦耳飾、玉管、玉玲項鍊、玉鐲、臂環等陪葬玉器（連照美，1998）。2012 年，臺灣史前博物館特別選定了屬於裝飾類的「人獸形玉玦」；長度超過 30 公分，直徑不到 1 公分，長度大約 30 公分的長形「玉管」、上百個小型玉珠串起的「鈴形玉飾」、玉質翠綠、結構細膩的「喇叭形玉環」，以及造形奇特、宛如青蛙的「蛙形玉飾」等五件作品，向文化部申請登錄，並通過委員的評審獲得認證，正式取得作為國家寶藏的名份登記。

此五件作品現正典藏於臺東市「國立臺東史前文化博物館」，以讓我們的後代子孫能夠透過展覽，世世代代親眼目睹並了解臺灣玉的史前風采(宋文薰、連照美，1984)。



為了確認這批玉器的來源，國內諸多學者針對這批出土的玉石進行成分鑑定分析，發現這批玉器主成分包括含鐵、鎂、鉻之透閃石、陽起石，以及蛇紋石、滑石等礦物，透過比對，確認為來自花蓮豐田之臺灣玉(劉益昌，2000)。除此之外，澳洲國立大學洪曉純博士亦在東南亞發現臺灣玉器，也出現在菲律賓、婆羅洲北部、越南南部、泰國南部等東南亞國家。

由此可知，臺灣史前文化豐富，透過玉器的出土與鑑定，可以確知臺灣以及東南亞許多國家出土的閃玉玉器來自花蓮豐田，在在證明臺灣玉在臺灣以及東南亞歷史發展上具有相當重要的地位，實值得我們給予高度的重視及發掘。然而，大批出土的史前臺灣玉器，究竟是從哪裡生產與製造的呢?先史人類是使用那些材料作為工具製作玉器，又如何操作工具來生產雕工精美及硬度超越 6.5 的臺灣玉器呢?關於史前臺灣玉器的來源部分，王執明、連照美、宋文薰、俞震甫、陳正宏(1996)透過偏光顯微鏡以及 JEOL 8900R 電子顯微鏡分析 1980-1982 年由卑南遺址出土的玉器發現，卑南遺址玉器來源為豐田與西林地區。此外，譚立平、連照美、余炳盛(1997)同樣選取 1980-1982 年卑南遺址出土的 20 件臺灣玉器廢料，進行顏色、比重及拉曼光譜(Raman Spectra)檢測，也發現這批玉器來自於花蓮西林與豐田地區。



遺址附近私人農地，仍可見史前玉料(1)

遺址附近私人農地，仍可見史前玉料(2)

飯塚義之、臧振華、李坤修(2005)透過低真空掃描式電子顯微鏡(LV-SEM)搭配X射線光譜儀光譜儀(EDS)，已非破壞性的方式，針對國立臺灣史前文化博物館的 30 件玉器表現及其化學成分進行鑑定分析，同樣發現其來源亦為花蓮豐田與西林地區。隨後，洪曉純近年針對臺灣與東南亞考古出土的 200 多件玉器進行跨國比較與科學鑑定分析，確定東南亞地區有 40 處遺址，超過 150 件以上的東南亞出土的玉器，其來源為花蓮豐田地區，指出，臺灣閃玉於東南亞的分布現象，極有可能與古南島語族的擴散或交流有所關聯。

以上各項研究透過高科技的儀器分析，學者已紛紛證實不論臺灣本島或者東南亞地區考古出土的玉器來源為沿著中央山脈東麓的花蓮豐田、西林與萬榮的玉礦產區，使得我們想進一步了解，這些地區除了生產玉器之外，是否也生產先史人類製玉所需的工具材料與素材？而這些史前玉器是如何被當地的先史人類製作與加工課題？

關於玉器的產製區域問題，多數學者認同位於玉礦附近的「平林遺址」可能是史前用於製玉的工作坊，甚至是臺灣本島及東南亞低區玉材的製造中心，平林所產製的玉器或者玉其材料，不但得提供史前時期臺灣各地所需的玉製品，更向東南亞菲律賓、越南、柬埔寨、馬來西亞及泰國等環南海國家輸出，其所扮演的國際貿易與文化交流的意義，重要性不言而喻。

「平林遺址」的製玉工藝更易，最早由日據時期鹿野忠雄展開研究調查，鹿野忠雄從「以石攻石」的角度分析史前製玉的技述，主張先史人類用以製玉的工法計有「打剝」、「片解」、「砸製」、「磋磨」、「磨鋸」、「鑽眼」及「管狀旋截」等七種(宋文薰，1955)，不過鹿野忠雄觀察出土玉器的形式特色，認為玉珠子的「鑽眼」及玉環、耳飾的「旋截」技法所用的材料，不可能由石頭或是石製品製成，必定是由金屬器才能鑽穿玉器。

1953，石璋如、宋文薰、唐美君、李亦園在平林遺址採集到遺留許多旋截痕或磨鋸痕的管狀旋截器（圓形玉核）等遺物(支干亞遺址導覽，2016。引自文化部文化資產個案導覽網站)。宋文薰等人（1992）整理了平林遺址帶旋截痕跡的玉、石材料、圓核等物件，發現平林遺址出土的石器是以裝飾用途的玉石與玉器廢料為主。

上述兩次的調查與研究並未針對平林遺址之玉器製作策略與技術多做描述，翻閱國內文獻中，亦甚少文獻針對臺灣古玉之製玉技法進行探討者，因而引起了本研究團隊高度的探索興趣：鹿野忠雄認為平林遺址出土的玉管珠與旋截技法不可能由金屬器以外的材料製成。

	
遺址附近支亞干溪可以找到水晶礦	內包石英片的板岩，似乎可拿來作為鋸片

雖然劉益昌、顏廷仔（2000）提出碳十四定年測驗結果顯示平林遺址距今約為今 4,500 至 2,000 年左右，間接否定了鹿野忠雄提出坪林遺址為金屬器年代的說法，研究團隊認為，如能找到平林遺址附近得以貫穿臺灣玉的鑽及旋截材料，並成功模擬實驗明其製玉的效果，將更能支持劉益昌博士提出：「居住過本處遺址的人類族群，已能充分掌握自然環境中的材料製作生活中的器物，具有特殊的文化內涵，是距今大約三千年前的人類文化遺跡。」的積極證據，對於臺灣史前文化人的生活智慧與科技扮演積極的角色。

本研究第三年將嘗試從地緣關係，調查尋找平林遺址以及平林遺址周邊環境各種可供製玉的材料，初期透過蒐集各種材料，並將其製作成可用於鑽玉及旋截玉材的工具，使用電動器具輔助鑽孔與旋截臺灣玉，找出可以成功鑽破與成功旋截臺灣玉的素材後，再嘗試模擬各種史前製玉的工法，分別進行1、10、20、30公分玉管的鑽孔實驗，以及0.4公分、1.4公分、5公分厚的臺灣玉旋截實驗，並進行古玉與實驗材料的微痕攝影，比較兩者間的微痕遺留，作為考古科學的論證依據。

壹、研究目的

本(105)學年度之研究目的有以下兩點：

目的一、進行考古科學實驗/探究史前製玉工匠所展現之治玉科學智慧。

目的二、依據目的一的結果，研發可動手操作的史前鑽玉模組。

貳、執行單位對計畫支持(援)情形與參與計畫人員

(一) 行政支援情形

處室	支援情形	備註
研究處	計畫公函處理，課務調整，經費核銷	全力支持
主計室	經費核銷	全力支持

(二) 參與計劃人員

參與教師	職責	專長
周裕欽	主持人/博士	綜合研究方向與進度
廖品蘭	協同主持人/博士	科學教育/藝文專長
吳美鈺	研究教師-碩士	多元文化專長
林蕙芬	研究教師-碩士	科學專長
陳宜旻	研究教師-碩士	科學教育專長
陳立宇	研究教師-碩士	文學專長

參、研究方法

依照研究目的，本研究方法如下：

研究目的一：進行考古科學實驗/探究史前製玉工匠所展現之治玉科學智慧。

研究焦點：鑽孔鑽具材料

研究方法：實驗法

研究目的二：研發可動手操作的史前鑽玉模組

研究步驟：採用 PDCA(Plan-Do-Check-Act Cycle)之品質管理循環模式，研發設計動手操作之鑽玉模組。

- (1)Plan：提出鑽玉模組構想，並完成設計圖之繪製。
- (2)Do：依照設計的模組圖，準備相關材料，並且動手製作模組。
- (3)Check：測試並評估完工後之動手做模組是否具有信、效度，可否達成鑽玉的目標。
- (4)Act：進行實際教學測試，並依照測試結果調整與修正鑽玉模組，使達預期目標。

肆、執行進度

目的	實驗名稱	目的之一：鑽孔材料實驗				目的二：動手做模組設計與實驗			
		礦物調查	鑽頭製作	鑽玉實驗	分析結論	模型考察	模組設計	模組製作	實驗測試
各項進度	執行內容								
	分項進度	100%	100%	100%	100%	100%	50%	0%	0%
	整體進度	100%				38%			
與結論	暫時研究結論： 1. 花蓮縣平林遺址附近的臺灣玉、石英、玉髓與水晶鑽棒，藉由電動鑽具的輔助鑽孔實驗發現，貓眼閃玉、紫玉髓及臘光閃玉可鑽穿厚度達 0.2mm 的臺灣玉。 2. 比較其鑽孔效率與石鑽棒的耗損率，發現貓眼閃玉的鑽孔效率明顯比紫玉髓及臘光閃玉好；耗損程度也比玉髓及臘光閃玉低。 3. 透過實物顯微鏡的古玉及新玉鑽孔內緣比對發現，不論古玉或者貓眼閃玉鑽孔後的新玉，鑽孔內緣都會出現旋轉摩擦所遺留下來的平行條紋，從上俯視也發現新舊古玉的鑽孔同樣呈現由上而下內縮的現象。據此，我們推論，史前時代平林遺址的玉工匠，有可能是採用貓眼閃玉作為製作鑽孔鑽具的材料。								

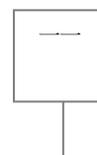
五、預期成果

本研究之預期成果如下：

1. 瞭解史前文化人治玉科學，探討先人的治玉科學及智慧，具有深層的文化意義。
2. 發展可動手操作之史前治玉模組，讓學生體驗東岸寶玉石的科學特性。

六、檢討與建議

檢討：由於研究團隊成員皆為現職教師，在校時間，須擔任份量頗重的教學與班級行政任務，僅能運用教學課餘時間與假日進行專案。雖團隊教師皆能任勞任怨努力執行，仍受時間有限之資源限制，進度無法如預期進展。



建議：本研究執行兩年半後發現，臺灣寶玉石的考古科學具有非常高的探究價值。在還沒有金屬工具的新石器時代，住民們要怎樣把大片的玉石分解？鑽孔？雕刻？當時是用哪些材料製作鑽頭？刀具？或者有沒有省力的原始雕刻、鑽孔、切磨機具，用於協助史前時期的玉工雕琢玉器？這些考古科學的議題潛藏的奧秘，不僅蘊藏有解玉工藝的價值，背後也深藏著臺灣當時的社會，是否已經發展出使用機具與先進工具於生活上的科技文明。如果我們能夠提出考古科學證據證明上述的幾個命題，對於臺灣歷史發展的定位，勢必具有極大的效益。

臺灣玉的礦區在花蓮壽豐及萬榮鄉境內，現在如此，千萬年前也如此，考古也在壽豐及萬榮鄉發現許多史前時代的治玉工坊，這些遺留的歷史景觀與遺物，正是給與我們後代子孫進一步連結數千年前住民生活奮鬥的機會，特別是位於花蓮縣壽豐、萬榮一代區域的機關學校，實在更值得將此一議題融入 12 年國教的課題中，逐步發展成校本課程，讓住在此地世世代代的學生與住民們都能夠透過學校教……據此，研究者提出持續進行考古科學的實驗的建議，以破解在沒有鐵器的史前時期，玉工匠究竟如何鑽穿與雕琢臺灣玉之解答？同時，研究者建議，可以透過鑽玉、切玉及磨玉三個研究面相進行這項考古科學模擬實驗，並將研究結果轉化製作成手動治玉模組，以尋找史前治玉的科技的答案。

參考文獻

- 臺灣省礦物局(1976)。臺灣之軟玉、礦床與礦業。刊於臺灣礦業，28:3，頁 261-274。
- 臺灣省礦物局(1999)。臺灣主要礦物與岩石。臺北：臺灣省礦物局。
- 宋文薰、連照美(1984)。臺灣史前時代人獸形玉玦耳飾，國立臺灣大學考古人類學刊，44：148-171。
- 余炳盛、方建能(2005)。臺灣的寶石。臺北：遠足文化。
- 周裕欽(2016)。認識臺灣珍貴玉石-臺灣貓眼閃玉。Jwery World(珠寶世界)，70：pp. 84-87。
- 周裕欽(2017)。色溫柔質細膩-臺灣蠟光閃玉。Jwery World(珠寶世界)，75，pp. 112-113。
- 吳意琳、Laurent Deschodt(2014)。臺灣東部新石器遺址的空間分部及其相關問題，南島研究學報，三(二)，pp. 45-70。
- 洪曉純(2000)。臺灣、華南和菲律賓之石鏹研究》國立臺灣大學人類學研究所碩士論文。(未出版)
- 陳其瑞(1995)。本省海岸山脈所產藍、紫玉髓，碧玉，玻璃蛋白石及秀姑玉(海泡石)

之礦物及地質性質。東海岸玉石，呂金戀編，頁7-14。花蓮縣東海岸玉石協會。

陳其瑞、曾保忠(1982)本省東部海岸山脈藍(紫)玉髓之研究。臺灣鑛業，34: 4，頁375-384。

連照美(1998)。臺灣卑南玉器研究，東亞玉器第一冊：351-367，香港：中國考古藝術研究中心。

連照美、宋文薰(2006)。卑南遺址發掘：1986-1989：1986-1989，臺北：國立臺灣大學出版中心。

葉美珍(2005)。卑南遺址之玉器文化。刊於館藏卑南遺址玉器圖錄，臧振華、葉美珍主編，頁17-36。臺東：臺灣文化史前博物館；臺北：文建會。

飯塚義之、臧振華、李坤修(2005)。卑南玉器之考古礦物學。刊於館藏卑南遺址玉器圖錄，臧振華、葉美珍主編，頁38-57。臺東：臺灣文化史前博物館；臺北：文建會。

劉益昌(2000)。臺灣玉器流行年代及其相關問題。臺北：中央研究院。

劉益昌(2003)。臺灣玉器流行年代及其相關問題，收錄於臧振華主編史前與古典文明：1-44，第三屆國際漢學會議論文集歷史組，臺北：中央研究院歷史語言研究所。

劉益昌(2006)。臺灣玉器製造技術”與研究方法的初步檢討，收錄於許倬雲、張忠培主編新世紀的考古學—文化、區位、生態的多元互動：471-496，北京：紫禁城出版社。

臧振華(2001)。從「Polynesian Origins: Insights from the Y Chromosome 一文談南島民族的起源和擴散問題，語言暨語言學，2(1)：253-260。

臧振華(2005)。海隅奇葩—臺灣東岸的玉器文明。刊於館藏卑南遺址玉器圖錄，臧振華、葉美珍主編，頁4-16。臺東：臺灣文化史前博物館；臺北：文建會。

Hsiao-Chun Hung(2005) “Neolithic Interaction between Taiwan and Northern Luzon: The Pottery and Jade Evidences from the Cagayan Valley “《南島研究學報 *Journal of Austronesian Studies*》1(1)：109-133.

Hung, H.C., Y. Iizuka, P. Bellwood(2006) Taiwan jade in the context of Southeast Asia archaeology, in E.A. Bacus, I. C. Glover and V. C. Pigott (eds), *Uncovering Southeast Asia's Past*, pp. 203-215. Singapore:National University of Singapore.

Iizuka, Y. and Hung, H.C.(2005) Archaeomineralogy of Taiwan nephrite: sourcing study of nephrite artifacts from the Philippines, *Journal of Austronesian Studies* (南島研究學報) 1:35-81.

Iizuka, Y., P. Bellwood, H.C.Hung and E. Dizon(2005) A Non-destructive mineralogical study of nephritic artifacts from Itbayat Island, Batanese, northern Philippines, *Journal of Austronesian Studies* (南島研究學報) 1:83-108.