

# 科學 考古推論

趙金勇

過去的行為與現代殘留的考古資料間，不是簡單的直接對應關係，而必須通過各式各樣的文化和自然轉換過程，但該怎樣處理那道橫亙在古今之間的鴻溝呢？且看東帝汶環境考古之例。

## 考古學推論的科學性

眾所皆知，考古學主要是探索人類過去那段缺乏清晰文字的歷史，可是對於那些已消逝的人群是無法直接觀察的，因此當代考古學家所做的推理與過去人類的行為之間，應該會有些難以跨越的鴻溝。從這個角度來看，可以把考古學放在接近於地質學、演化學，乃至天文學之類的科學，屬於所謂時間性的科學，而與物理或化學等解釋世界是如何運作的空間性科學不同。

其實，考古學的科學性無庸置疑，重點在於它屬於哪一類型的科學。華盛頓大學考古學教授 Robert C. Dunnell 在洛克菲勒大學演化生物學哈維講座（The Harvey Lecture）的演說中，清楚定義出當代考古學的本質，在於科學性地解釋過去社會文化在時間軸上的演化與變遷。由此看來，當代考古學的作為與台灣社會一般性的認知有些微的落差。

為什麼要說考古學推論而不說考古研究呢？其實考古學的研究只是一個學術探索，嘗試對人類的過去給一個綜合性的答案。考古遺址和考古遺留是過去人類社會所留下最堅實的文化證據，記錄了過去的軌跡。但是過去的行為與現代殘留的考古資料間，卻不是簡單的直接對應關係，而必須通過各式各樣的文化和自然轉換過程，但該怎樣處理那道橫亙在古今之間的鴻溝呢？

首先，要體認考古紀錄與考古推論間須有適當的轉換過程，而這種轉換理論上是必要的。通過觀察當代人群的行為活動、消費模式、組織結構，以及實驗室模擬過去物質文化的製作、使用等痕跡，就可以連結考古資料的形成過程和過去行為。而考古學推論是運用科學的方法轉譯過去人類的行為，推理的證據完全取決於理論，再經由科學分析和統計量化找出模式，才能

| 當代考古學的本質，在於科學性地解釋過去社會文化在時間軸上的演化與變遷。

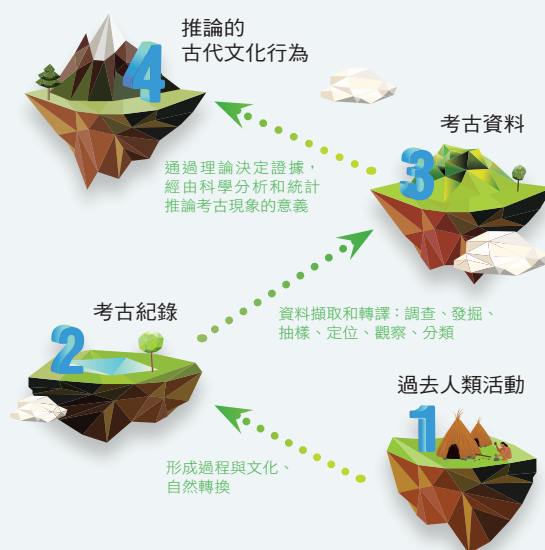
推論出考古現象的意義。簡單地說，考古紀錄（如各種考古「大」發現）本身並不能說明過去的文化活動，唯有通過考古推論才能給予科學性的探索答案。

舉個例子來說，陶器是古代社會最普遍、功能多面的器物，特點是它不易衰滅，就某個層面來說相當於現代社會使用量頗大的塑膠，但陶器是自然界土壤的物理性轉換，丟棄之後，土歸土、塵歸塵，對環境不會有危害。考古學家透過研究 20 世紀仍在使用和燒製陶器的傳統民族，了解到即使在複雜程度較低的社會中，彼此交換自身燒製無缺的陶器也是一種常態。因為交換這個活動不僅是互通有無，連帶可有效促進社會成員的交往和流通。

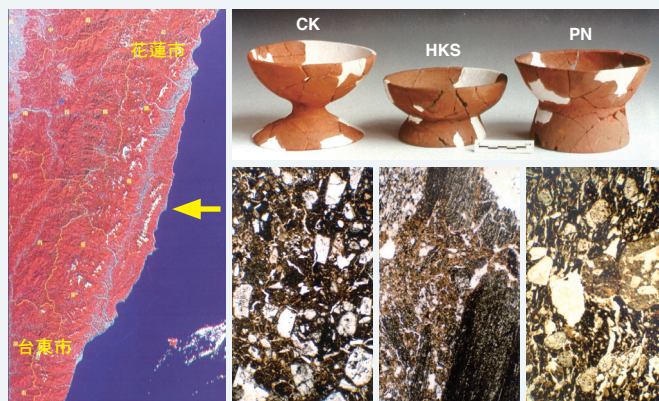
考古家依這假設的理論，再通過分析出土陶器的礦物組成，其結果讓我們對於古代社會貿易體系的深度與廣度有了不同的體認。從這樣的考古推論中，當代考古家已經不再把台灣史前社群視為孤懸海外、遺世獨存自給自足的社會了。

## 環境考古

在台灣，考古學或許是冷門，但對國際上方興未艾的全球環境變遷研究來說，考古學的輔佐卻是無可取代的。譬如，超過一百餘國、五千位以上研究者參與的「過去全球變遷研究計畫」（PAst Global changES，簡稱為 PAGES），研究的範疇涵蓋物理性氣候系統、生物地質與化學的循環、生態系統過程、生物多樣性，以及人類活動五大範疇。然則，就數千到數萬年前的相關研究，無論從地質學或古生物學入手都有其不足，偏偏這段時間是全球變遷的重點，唯恰有考古學的資料彌補這項缺憾，特別是生態環境考古學。



考古紀錄、考古資料與考古推論的方法過程。古代人類活動受到文化和自然的轉換形成考古遺址、遺跡等紀錄；經由抽樣、調查、發掘、分類等手段，考古家取得資料；但唯有理論決定何者是考古證據，然後經由分析統計推論古代文化行為。



陶器遺物成分分析。通過偏光顯微鏡觀察陶器切片礦物組成（下圖），分析顯示出土於長濱鄉考古遺址（左圖中箭頭處）的同類型器物（上圖）實際上是在不同地區燒製的，除了東海岸中間地帶（CK），也包括北端的花蓮平原（HKS）及南端的台東卑南平原（PN），說明距今 3 千年前東部社會盛行遠距離貿易。

國際環境學界的研究趨勢甚為強調須結合考古學、人類學、環境工程學等團體，共同討論全球環境的永續可能。

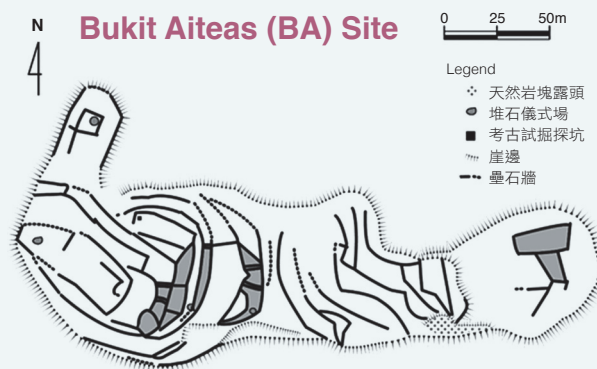
因此，近年國際環境學界的研究趨勢甚為強調須結合考古學、人類學、環境工程學等團體，共同討論全球環境的永續可能。

環境因素在考古學解釋上當然不是什麼全新的議題，但在上個世紀的 60、70 年代，歐美考古學界開始認真地面對生態系統與人類社會的互動關係，並且鼓吹從考古遺址中盡可能擷取比如花粉、炭化種籽和獸骨，乃至土壤等非人工製品的生態遺留，因為它們能透露諸多生態環境的訊息。迄今這方面的研究已經在環境變遷、農業起源、文明起源等課題積累了可觀的知識。底下就以東帝汶 10 到 18 世紀之間一連串的環境適應、海上貿易與社會政治的複雜互動，說明考古學面對和回答問題的科學方法。

帝汶島位於島國印尼巽它島弧的東部，地形酷似一個橫放的台灣島，大小也相當，惟其位於南緯 5 ~ 10 度之間，一年中乾溼季節各半，差異非常顯著。這裡早年盛產極品的白檀香木，因此它的歷史可說與南海的檀香貿易劃上了等號。

荷蘭與葡萄牙為壟斷丁香和肉荳蔻的鉅額貿易利潤，招致班達島 (Banda Island) 無數居民數百年的悲劇歷史，檀香的價值和重要性或許比之不如，然而澳門總督就曾感慨地說：「要是沒有帝汶的 (檀香) 貿易，本市能繼續存在嗎？」因為從這裡經望加錫 (Markasa) 至帝汶的航線，完全取代了麻六甲成為中國市場上檀香最主要的輸入來源，同樣是貿易利潤驚人。我們不禁想問，這段歷史對帝汶當地的社會文化產生了怎樣的影響呢？

先說考古研究的成果吧！這個影響絕不止於海上貿易這個層面，如同前述談到



東帝汶山頂考古遺址測繪圖。利用差分全球定位測量顯示這些山巔的聚落遺址規模大，內部的布局有經過具體的規畫，包括居住的階地平台、儀式地點、廣場等，顯然並非臨時性的居住地址。

的陶器交換，文化動力的活動往往蘊含多重社會層面的影響，而且既深且廣。東帝汶過去數百年的歷史進程就有幾個重點：

(1) 西元 1100 ~ 1400 年間的聖嬰現象高峰期，東帝汶北岸發生了嚴重的水資源匱乏，糧食大幅減產，資源爭奪常引發地區性的武力衝突，當地社會為了因應頻繁的部落戰爭，開始在常流河兩側的山頂上構築防禦性的聚落。

考古調查發現早期的石器遺址和更晚近的舊社遺址普遍散布在海岸、沖積平原或山頂到山腳的各種地形區位，唯有 11 到 18 世紀的聚落是集中在濱河的孤丘和山頭之巔，卻完全不見於其他平原低地，這說明了聚落位置的選擇非常強調能藉由陡峭的地形來屏障外敵的攻擊。考古發掘層位中出土木炭標本的碳十四測年，說明了這些山頂遺址存在於 11 到 18 世紀，頗符合檀香木貿易的歷史。



東帝汶北岸 11 世紀開始興起的山頂防禦聚落遺址



東帝汶山頂考古遺址測量。運用差分全球定位技術調查測量，得以克服惡劣的研究環境、後勤不足等窘迫情境。

不過，怎麼知道這些遺址不是臨時的避難所呢？解答這問題，可藉由差分全球定位的技術，經調查測量，這些山巔的聚落遺址規模甚大，而且內部的布局經過具體的規畫，顯示其並非臨時性的。另外，從山頂遺址上發掘出土的貝殼遺留，也能透露出當時居住的性質是否屬於全年性的。海岸邊採貝雖然難以當作主食充飢，但對於蛋白質的攝取和補充確是上天的恩賜。而攜回山頂居處煮食的貝類（可能由孩童負責），吃完丟棄的遺骸卻透露了採貝這個活動的季節性。

我們還知道，貝類殼體具有記錄生長環境與生命史的特性，逐年增長的外緣生長紋記錄了當時水體環境的資訊，包括了雨量、氣溫等氣候變化，藉由氧同位素分析可以了解這些變化。其原理是含有氧十六的水分子比含有氧十八（前者的同位素）者易於蒸發，因此海水蒸發對於這兩種水分子就有不同的機率。換言之，降雨（淡水）中的氧十八會略少，反之，在寒冷的氣候環境中，大量的氧十六會被「冰封」在冰河中無法回到正常的全球水循環，以致海水所攜帶的氧十八水分子較多。

簡單地說，倘若氧十八的量比現今地球的狀況減少了，可以推論氣溫較低一些。同樣的原理可以應用在貝類遺骸，由於貝殼組成的碳酸鈣是水中生物吸收海水的氧分子轉換形成的，因為貝殼生長紋逐年增長外擴，從外緣向內取樣測量可以反映貝類生長水體的同位素變化。

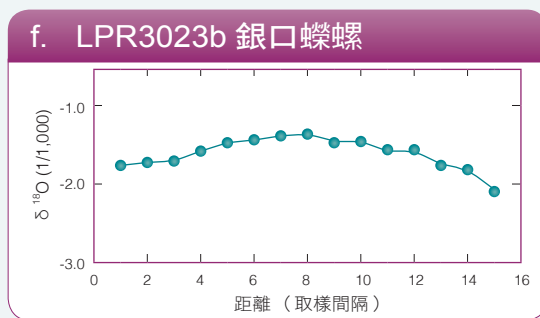
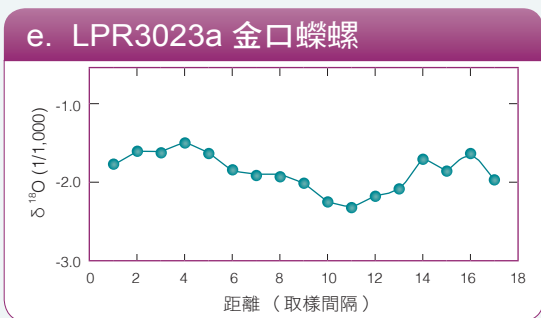
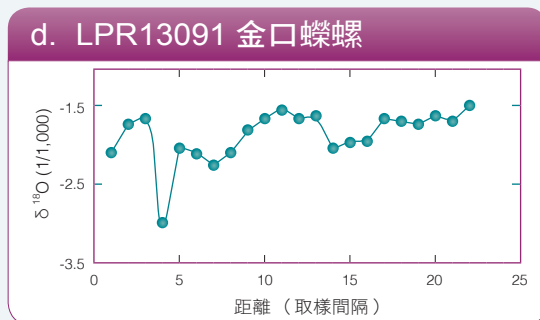
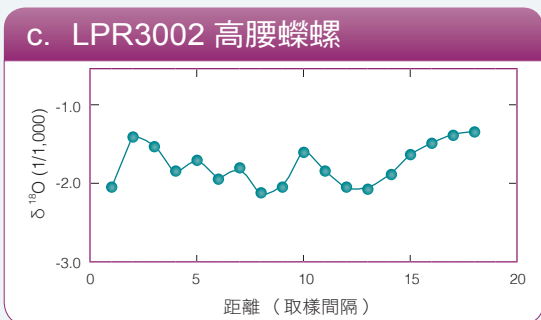
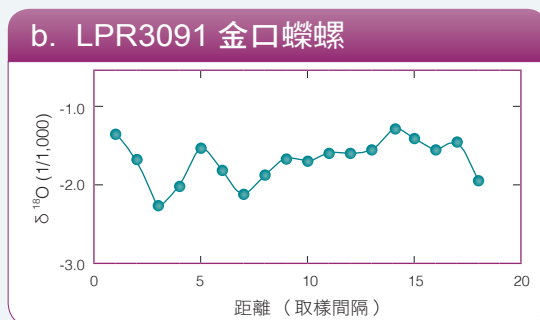
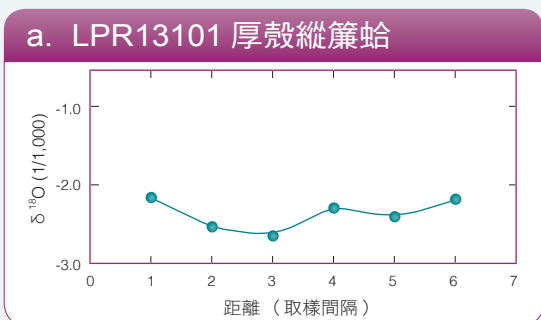
雖然，海灣環境水體的同位素情況明顯受降雨及鹽度的影響而較難論定，但近年研究殼體外緣碳酸鈣氧同位素仍有相當的季節性變化。因此，遺址出土古代採貝的遺留不僅可讓我們重建古環境，也透露出貝類死亡的季節，換言之，可判斷採貝的季節。根據東帝汶山頂遺址出土貝殼的氧同位素分析，考古家判定當時的山頂遺址應該是終年性的居住聚落，而不是短暫臨時的避難所。但反過來說，對於當時的社會，部落戰爭有無可能是常態性存在的呢。

我們還想追問：是什麼因素導致部落戰爭興起？

(2) 為了平衡糧食短缺所造成的衝擊，當地海岸社群積極參與了當時勃發的全球化海上貿易，本地富有的檀香貿易活動在 16 世紀中葉至 18 世紀初達到了顛峰，貿易也有助於維繫政治聯盟而減緩部落戰爭。



這個回饋系統認為島嶼東南亞地區由於海島脆弱的生態系統，在貿易中心興起、同時人口快速成長後，很快就逾越了當地環境的負載量。為了持續供應中心之所需，過度開發周遭區域的資源，特別是對森林的濫砍濫伐，破壞熱帶海島原本脆弱的生態環境，匱乏於焉出現。面對短缺困境，深化對外的海上貿易作為平衡策略，但輸出商品往往是森林農產或礦物（特別在大貿易時代），反而進一步惡化了原本脆弱的生態系統。在如此的循環之下，對貿易的依賴日深卻始終跳離不了回饋系統的劣化循環。



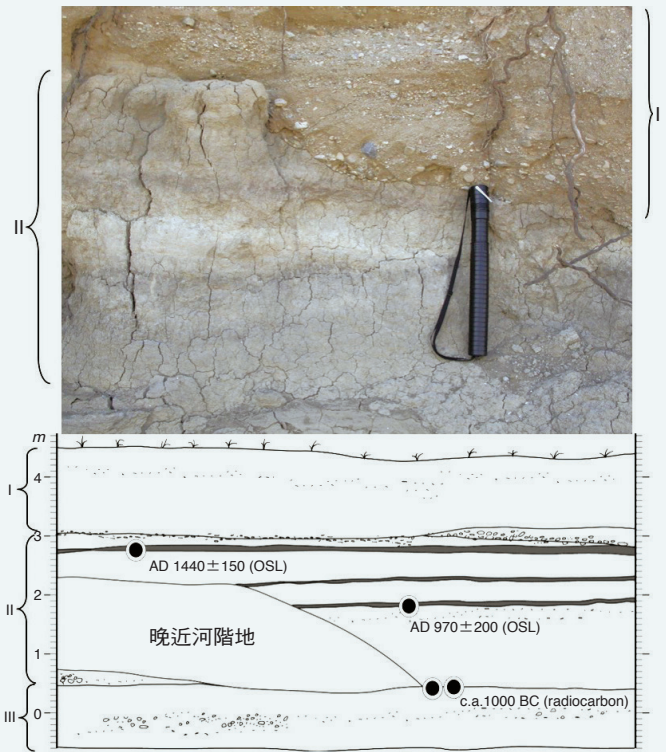
東帝汶山頂考古遺址出土海貝的氧十八同位素 ( $\delta^{18}\text{O}$ ) 波動曲線。曲線左端代表從殼緣取的樣本測量值，依照固定距離漸次向內部取樣，換言之，曲線左端代表該件海貝死亡的時間。從波動曲線可以研判六件海貝中 a 和 b 代表採集季節是夏季（熱季或雨季），d、e 是夏秋之交（雨季過渡到乾季），c 則是春天（或乾季過渡到雨季），標本 f 無法判斷。

島嶼東南亞的人類學者曾提出一個生態學的模型，藉以說明以原料產品輸出參與大航海貿易的型態。在這個回饋系統中，一旦特定的貿易中心興起，人口會隨之快速成長，很快逾越了環境的負荷量，於是匱乏出現。然而為了持續供應中心所需，周遭區域的資源會進一步過度開發，對森林持續的濫砍濫伐終會破壞熱帶海島原本脆弱的生態環境，導致需仰賴對外貿易來平衡內部的短缺困境。

如此惡性循環下，對貿易的依賴也逐步深化，卻始終脫離不了回饋系統的劣化。類似的模式在島嶼東南亞歷史上不斷地上演，盛產檀香木的帝汶島恐怕難以置身其外？但能從科學的角度證明它嗎？

砍伐檀香木是極具破壞性的，通常要把整棵樹木連根刨起，過度的開採會對當地的生態帶來毀滅性的威脅。特別是當地的氣候乾溼季節鮮明，全年9成以上的降雨都集中在雨季，一旦林木受到濫伐連根刨除，隨後而來的暴雨將導致表土遭受嚴重的沖蝕。地質考古調查發現，從3千年前開始，這裡的沉積物堆積速率便有顯著增加，平原地區至少經歷了兩個階段的沖積作用。在這個成形堆積的更下部，則是由厚度不明橙紅色灘砂組成的基底層，年代至少在3千年前。

成形作用的早期（II層）沖積了2.5公尺深的粉質砂土，其中夾層多道的古土壤層，顯示經歷了多次的土壤化育作用。成層的古土壤層或腐植質淋溶層意味著在過去某段時間裡，當地的表層土壤堆積呈現較為停滯的狀態，穩定的環境讓地表腐植質逐漸透過淋溶化育成為黑色的土壤剖面，然後在這一層的頂上出現了快速的沖積土（因此沒有發育），應該反映出上游表土大量剝蝕的環境。



帝汶北岸馬納圖托地區的堆積地層圖與測定年代，包括光激光定年（OSL）與放射性碳十四定年（radiocarbon）交錯運用。圖中第I層是未育化的黃砂堆積，形成速度快；第II層是沖積粉砂土與多道層理的古土壤層，後者代表當時的地表相對來說是穩定緩慢發育；第III層則是農業人口進入之前橙紅色灘砂堆積，應該是古代海岸線。

然後，快速沖積作用又再停滯，穩定的環境讓表土進入化育作用，土壤剖面因而反映出快速沉積與緩慢化育兩個過程不斷交替的證據。熱帶草原地區的古土壤層成形速率較快，可能僅代表十年期到百年期的穩定堆積。

另個感興趣的問題是，這樣緩、速交替的堆積狀態是何時發生的呢？考古家採用的研究方法是：利用土壤樣本進行光激光測年法。

東帝汶面對物質匱乏和部落戰爭時，選擇了深化檀香木貿易以為平衡，其結果卻對未來的環境永續埋下更為深遠的危害。

光激光或稱光釋光測年法的基本原理，是沉積物中的礦物顆粒（主要是石英或長石）在最後一次掩埋於表土之下後，就無法被自然陽光再照射到，但是它們仍會不斷接受周圍土層中放射性物質因衰變所產生的微量輻射，使得顆粒中部分電子因電離而跳脫原本晶體。這些自由電子會卡在晶格缺陷的「陷阱」中，變成「俘獲電子」而儲存起來。

隨著時間持續接受輻射，晶格中的「俘獲電子」累積越多，倘若在實驗室加熱或以光束照射時，累積的輻射能就會以光的型式激發出來，而產生所謂的釋光信號。一般而言，靠加熱法激發出的釋光信號叫熱釋光，以光束激發者則稱為光釋光。

由於信號的強度與樣本所吸收的輻射劑量成正向函數關係，經過計算測得的「古劑量」可以推估出樣本最後一次受熱或暴露於自然光的事件年代。熱釋光法常用於陶器樣本（通常燒製至少達 450 度以上），光釋光法則用於測定埋藏礦物，也就是土壤，兩者都普遍運用在考古測年上。

透過在當地進行地質考古學的調查以及光釋光法測年結果，東帝汶北岸地質堆積最上方的一層是由鬆散未育化的黃砂組成，屬於快速的堆積事件。而在其下方的第一道古土層經測年約在西元 1450 年前後，說明表層快速堆積的形成時間至少晚於西元 1500 年。

再者，這件土壤樣本於光激光定年的計量反應高原檢定中顯示，土樣顆粒在埋入地下前歷經充足的陽光照射，原本所含的輻射清空的相當乾淨，暗示當時的環境大概接近

林木耗竭的裸露之地。這意味著 15 到 16 世紀以後當地從山區林地到海岸之間的過渡帶，沉積物堆積速率迅速增加。從土壤研究顯示的山區表土侵蝕大幅加劇的事件，反映出 500 年來森林濫伐、檀香貿易激增、人口成長等現象，多重歷史事件交織纏繞於當地早期的社會發展。

近年來全球環境變遷與危機議題籠罩，然而論者往往忽略了歷史進程和文化適應彈性的重要性。如果說歷史的洪流曾經教育了我們什麼，那就是考古研究說明的：單一歷史事件對於未來的深遠影響，絕對高於我們的設想。東帝汶歷史上的海岸社群，在面對氣候劇烈變化導致的物質匱乏和部落戰爭，選擇了深化檀香木貿易以為平衡，即使這對當時社會危機而言是合情合理的策略，其結果卻對未來的環境永續埋下更為深遠的危害。考古學運用科學手段對過去人類文化的探究，提供了當代社會所必須嚴肅面對和省思的問題。

趙金勇

中央研究院歷史語言研究所  
成功大學考古學研究所