

考古學陶器化學成分分析方法的運用： 以墾丁地區為例*

陳瑪玲**

臺灣大學人類學系

由於成分分析能同時呈現自然與技術變異方面的訊息，因此近年來廣被考古學運用在一些議題的探討上，且業已發揮了其特有的功效與助益。本文主要嘗試應用化學成分分析中的酸液萃取法來進行墾丁地區出土之陶器的成分分析，復輔以岩象礦物分析，期盼經由二者的比對結果，展示化學成分分析的功效，以及其運用於臺灣考古學上的可行性，再進而提供做為未來研究墾丁地區工藝的生產技術與制度，及其背後各種社會和經濟脈絡等議題的可能方向。

關鍵詞：陶器分析，成分分析，酸液萃取法，岩象（礦物）分析，墾丁地區

* 本文初稿“Physicochemical Compositional Analysis with Social and Economic Interpretation of Ceramic Collections from Kenting National Park, Taiwan”，曾在2003年6月22日於美國華府所舉行的The Fifth World Archaeological Congress上發表。筆者另有英文文章“Physicochemical Compositional Analysis of Ceramics: A Case Study in Kenting, Taiwan”發表於Archaeometry 48(4):565-580，亦討論與本文相關之主題。

**感謝Dr. James Burton與Laboratory for Archaeological Chemistry, University of Wisconsin-Madison在酸液萃取法的化學成分分析以及研究經費上的協助。此外，中央研究院歷史語言研究所林淑芬小姐、臺灣大學地質科學系陳文山教授在陶片岩象礦物分析的襄助，匿名審查人對文章的修改所提出的寶貴意見，以及臺灣大學人類系謝世忠教授和《臺灣人類學刊》編輯王薇綺小姐在文章結構和文辭上的多方建議與指正，筆者在此一併致上誠摯的謝意。

一、前 言

近年來，有關工藝生產的原料、生產的地點與制度，地方或地區性、短期或長期性的經濟制度或交易體系，社會與政治的互動或連結，甚至是社會邊界等相關的議題，都成為考古學熱門的研究主題。由最近的一些研究成果顯示(例如 Vaugh and Heff 2000; Stark, Elson and Clark 1998)，這些議題的研究不少得力於陶器之成分分析的成果，尤其是其中的化學成分分析。成分分析可區辨陶器生產中所使用的原料成分之差異性，因此若與地質資料相互比對，即可用來辨識原料的採擷地點，進而得知其乃來自於當地或是由外地傳入者。而理解原料的採擷地點與取得方式後，更可進一步重建工藝的生產制度，並辨識其背後相關的社會脈絡，例如可能涉及的經濟交易體系等面向。陶器的成分不只反映了尚未加工的原料內涵，也顯示出製作過程所涉及的文化、技術行為等面向的資訊，例如陶土的處理、摻和料的選取和燒製的火候等。換言之，成分分析可同時呈現工藝製造所涉及的自然與技術變異方面的訊息；因此，近年來在一些考古學議題的探討上，該方法實已發揮了其特有的功效與助益。在本文中，筆者主要嘗試應用化學成分分析中的酸液萃取法，對墾丁地區出土之陶器進行成分分析，同時輔以岩象礦物分析，期望藉由二者的比對結果，來展示化學成分分析的功效以及運用於臺灣考古學上的可行性，並進而提供做為尋求未來研究墾丁地區之工藝生產技術與制度，及其背後各種社會和經濟脈絡等議題的可能方向。

二、考古學陶器成分分析

越來越多的考古學者意識到，傳統上對物質遺留的研究方式（尤其是分類架構），並無法為一些進階的研究議題，例如工藝品的生產地、生產制度、生產過程以及生產背後的社會和經濟脈絡、交易體系與社會邊界等，提供基礎性的資訊。因此，自 1920 年代以降，考古學者致力於發展成分分析的理論與方法，尤其是在陶器的物理和化學性的成分分析方面，以期待為上述的問題找到解答(Bishop et al. 1982; Matson 1981; Rice 1982, 1987:43; Peacock 1970)。在歷經數十年的努力耕耘後，到了 1980 年代，有關陶器的成分分析無論是在理論、方法或技術上，在世界各地的考古學界都呈現了豐碩的研究成果(Arnold et al.

1999; Chilton 1998; Emerson et al. 2003; Stark, Elson and Clark 1998; Vaugh and Heff 2000)。而在二十一世紀的今天，它更成為考古學的一個基本研究方法 (approach)。Rice (1982)、Bishop et al. (1982) 和 Peacock (1970) 的文章中關於成分分析的綜合論述，為這研究方法的成果做了最好的說明；學者們更特別強調了陶器胚體 (paste) 成分和質地分析的優點：

1. 成分分析的方法所測量的是陶器與原料的屬性，因此可以提供做為各種考古議題的分析，尤其是時空上變異的分析（例如，不同時期或不同地區陶器原料差異的比較）。
2. 成分分析的成果將陶器與陶土、摻和料之來源的資訊結合在一起，可供區辨器物是屬於當地或非當地所製造的，因此有助於探討與器物製造相關的社會、經濟等面向的議題。
3. 陶胚並非陶土，乃是一種已被處理過的物質，是一個已經由一連串人為的原料選取、處理、形塑、燒製、使用、丟棄與沈積等過程的產物。因此，胚體的成分分析所反映的，不單只是與原料相關的自然資源訊息，同時也提供了陶器製作過程中所涉入的文化技術面向的資訊，因此有助於瞭解陶器的質地、表面處理、裝飾與形式等特性的變異，甚至對於技術選擇 (technical choice) 的研究亦能有所貢獻。
4. 成分分析所使用的分析變數，允許同時對於胚土質地的物理和化學屬性進行質與量的分析，因而可用統計與電腦來處理大量的樣本，藉以檢視結果的有效性。

陶器胚體的成分分析聚合了上述這些優點，成為近年來探索陶器工藝生產背後的社會和經濟脈絡之有效途徑，而世界各地的考古學研究成果，也一再地證明了此一研究方法的成效。

(一) 陶器成分分析與社會、經濟面向議題的研究

有關工藝生產的社會、經濟議題的研究，尤其是區域性的研究取向，近年來成為考古學研究的主要關注重點之一。舉凡工藝品的生產制度以及其背後可能涉及的地方性或區域性、短期或長期性的交易體系與形式等問題，已成為當代的主流研究議題。此外，受到全球化浪潮的影響，社會分群、社會邊界等方

面的研究亦備受矚目。這些議題的發展與研究成效，都得力於成分分析的研究方法。透過成分分析的結果，可辨識工藝品的原料來源、生產地以及分配或消費地，研究者可據之進一步來探索三者之間的關係及其背後所涉及的種種文化和社會脈絡。而近年來有關於社群邊界的研究，也主張應當同時由風格與功能、紋飾與技術上的分析著手，因此，成分分析也就成為實踐此一新研究取向的基礎。一些考古學家 (Chilton 1998; Dietler and Herbich 1998; Goodby 1998; Lemonnier 1993; Stark 1999) 強調，在社會邊界的形塑上，技術的變異比起文化的其他面向，更扮演了決定性的角色。從陶土的選取至最後器物形式的完成，在這全部的製作步驟與過程中所呈現出的技術風格或形式，不只反映了器物製作上所需要的基本技術行為，也顯示了陶匠在其特定的文化和社會結構與脈絡中，本身所習得、所選擇、爾後經過實踐而形塑成的獨有之製作行為。此種在一特定文化和社會脈絡下形塑而成的技術風格，更具體地反映出一個社會的文化規範與結構原則。因此，近年來技術風格的研究，遂成為探討社會邊界與特定工藝生產相關之社會和經濟面向的主要切入點與研究取向。而由成分分析結果所取得的有關工藝生產技術的資訊，更為此類研究提供了基本而有效的詮釋基礎。

成分分析已廣為考古學界所接受，咸認是研究社會、經濟議題的有效途徑 (Bishop et al. 1982; Matson 1981; Rice 1982)。成分分析的研究要點在於其可辨識器物原料、生產地與消費地之間的關係，因而具有空間性的本質。自然、社會與文化的規範，影響了資源選取策略的形成與選擇 (Bishop et al. 1982; Rice 1982)。資源與土地所有權的形式與取得途徑，以及土地不同利用方式的競爭（例如生態的維持或農耕的開發）等，都會影響社會規範的形成，進而形塑工藝生產的發展 (Arnold 1985)。而一地區工藝生產的類型與規模，也會對一些特殊或特定資源的使用造成影響。一般而言，原料的選取與處理過程，必將會直接反映在物品成分的特質上；因此，一地區的資源對一特定群體的可使用性是必須配合成分分析來加以檢視的。因為對一位工匠而言，他是以其特有的文化與技術做為基準，來判定原料是否可堪使用。換句話說，並不是所有在自然界中有效的資源，都會被所有群體視為是適用的，或會被選取而加以利用 (Arnold et al. 1999; Lemonnier 1993; Mahias 1993; Stark 1999; van der Leeuw 1993)。因此，一地區的自然資源資訊配合成分分析的檢視，當有助於揭露特定群體文化與資源間特殊的互動關係。此外，將成分分析所區辨出的原料成分與自然資源進行比對，當可用以建立工藝成品的分布以及原料之間的地

理關係，進而可提供生產與消費地的資訊。此種分析有利於辨識原料是否來自於當地或是由外地引入的，繼而用來理解其背後所涉及的社會互動或交易體系的存在與形式。再者，陶器的成分除了受到物理性的影響外，還會受到文化與社會行為的形塑。因此，陶器的物理和化學成分不只可反映一些未經處理的自然資源資訊，還同時透露了一些在胚土的處理、混合、摻和料的選擇、燒製等步驟過程中，所涉入的技術與社會、行為面向之訊息。總之，成分分析的結果，不只可顯示自然資源的資訊，也可呈現特定技術的選擇與變異的相關訊息。

(二) 物理性的岩象分析

早期考古學的陶器成分分析乃是以物理性的岩象分析 (petrographic or mineralogical analysis) 為主，分析陶器胚體中內含物 (temper or inclusion) 的礦物組成成分。其中對礦物組成的辨識，既是項科學工作，也是一種藝術，端看分析者的經驗而言 (Bishop et al. 1982)。¹ 陶土內礦物的種類、粒徑大小、相伴關係、物理或化學風化的程度等，都反映了摻合料或陶土的地質歷史；例如礦物粒徑大小的分布，往往可反映採集地點的氣候及沈積過程等自然因素。以石英、砂岩屑為例，在高倍放大鏡下觀察其表面的特質，可反映礦物顆粒被水流帶出的原始環境類型 (例如為冰河或淺海區)。但是，對於考古學的研究目的而言，這類的訊息如果是涉及區域內原料來源的區辨，仍嫌太空泛。若是進行偏光顯微分析，利用著色技術輔佐，則岩象分析有其顯著的功效；但若遇到礦物粒徑細小時，著色分析會使顏色容易擴散而染及相鄰的顆粒，導致細節性資訊的失漏。點數 (point-count) 分析是點算不同礦物粒數，再依照點數核算百分比來推測、計算礦物種類的組成，是極為適用的方法，不過所點數的礦物粒數必須足夠，才能呈現出礦物的特質。例如以 20 至 30 克的陶片為例，點數必須到 150~200 點 (Bishop et al. 1982)，甚至是 300 點，誤差值才會低於 5%。² 因此，這種標準若碰到細微粒徑常容易失漏；遇上微量礦物時，則會因為點數的數量不足，而容易產生誤差。

總而言之，岩象分析雖可依陶胚體中內含的礦物組成成分，直接判別如陶

¹ 另，地質學家陳文山與筆者曾於 2004 年 1 月 10 日討論過岩象分析，他表示，對岩片內礦物的辨識及對各地地質特質的認識，是需要經年累月檢視礦物，同時走遍各地觀察研究，累積足夠的經驗才可得的。

² 陳文山所建議的地質學分析要求標準。

土原料或摻合料的來源地，在探討原料地點、製造地點以及其間關係的議題上都獲得相當大而直接的功效；但此功效往往必須是運用在一個有明顯特質的地質沈積區，或得到具有當地地質之完備知識的專業人員的協助，才能有所發揮。若某一內含或摻合物質是屬於地層中基本而普遍的礦物，或在一個廣大的地區內是一種普遍的產物，那麼想要運用岩象分析來顯示陶胚的特質，就會有其困難度；而這種方法更不適合用來辨識或討論地區內的不同生產地與交換體系。此外，如果一個地區內的地質過於分歧，也會產生複雜不易區辨的問題。或者，假使一地點的陶器採用了當地幾個不同的陶土來源，要用岩象分析去區辨當地或非當地的原料與生產，也相當地不容易。又如果一地點的陶器製造是使用舊陶片研磨成摻合料再加入陶土中，也會造成岩象分析的困難。再者，岩象分析的對象是陶胚中內含的礦物組成，區辨的對象是摻合料的成分與來源，但在陶土原內含物與外加的摻和料不易區辨時，就不易分析陶土或摻和料來源，因為確認摻合料成分與來源並不等同於對陶土成分與來源的辨識。另外，岩象分析的切片常常需要使用較大的陶片樣本，因此往往會損耗掉整個陶片樣本。考古學一般無法從事大量樣本的分析，尤其是遇到特殊陶器材料時，由於無法犧牲樣本，就更難進行岩象分析了。對於區域內的陶器生產制度、社會和經濟脈絡與交易體系等面向的研究，在需求大量樣本的前提下，岩象分析的運用的確是有其侷限性 (Bishop et al. 1982; Peacock 1970)。

(三) 化學成分分析與酸液萃取法

相較之下，化學成分分析就比物理性的岩象分析來得強而有力，但其特質卻是必須與岩象分析互補、配合，或有原料資料可供比對時，才得以發揮真正的效益。化學成分分析是分析、量化陶器胚體中的化學元素，以顯示陶器胚體的物理與化學屬性 (physicochemical attributes) 之特質。它可高度敏銳地區辨陶土與技術的變異，有利於探討陶器原料的採擷、生產技術、交換等議題。化學成分分析大致上包括了放射分光光譜分析 (Emission Spectroscopy)、電漿放射分光光譜分析 (Plasma Emission Spectroscopy; ICP)、原子吸收分光光譜分析 (Atomic-absorption Spectroscopy; AA)、顯微 X 光螢光分析 (X-ray Fluorescence; XRF)、中子活化分析 (Instrumental Neutron-activation; INAA) 以及拉曼光譜分析 (Raman Spectroscopy) 等方法。然而，越敏銳的化學分析法，其所需要的儀器就越精密，所要求的分析技術亦越專業，自然所花費的金額也就越高了。

如前所述，探討工藝品的原料採擷地、生產地、生產制度、技術，以及生產背後的社會與經濟脈絡、交換體系甚至是社會邊界等議題，需要涉及大量的樣本及細微精密的分析。如果研究目標是在辨識一地區內有效資源的採擷體系與當地或非當地的生產模式和技術的變異，那麼此種質量要求就會更加地嚴謹。岩象分析在此議題的研究上有其可能的侷限性，對樣本的破壞性也大，以致於無法進行大量樣本的分析，因而必須與對樣本破壞性較小的分析方法搭配運用，以解決樣本數量的問題。然而，一般化學分析不是所費不貲(例如 INAA)，就是樣本的破壞性大，或準備耗時、耗力，或須使用具危險性高的化學試劑(例如 ICP、AA)，因此都不容易充分地被使用。

酸液萃取法 (Acid-extraction Method) 是由 James Burton 與 Arleyn Simon 於 1993 年所提出的一種新式化學成分分析法。基本上，此法不需要經過困難而繁瑣的程序，對於人工的需求也少。其程序是先將小量陶片樣本磨成粉末並浸泡於弱酸液裡，置放於室溫(26°C)中二週，待陶粉的溶解液產生後，再分析此溶解液中的化學元素之種類與含量。雖然，弱酸液不能完全地溶解陶粉，但在溶解液達到平衡的狀態下，相同的陶粉是可萃取、產生出化學性相似的溶解液；相對地，不同的陶粉會產生含有不同成分的溶解液。此原理來自於酸液對物質的萃取作用。雖然不同的物質與不同的元素在相同的酸液中之互動、溶解的作用不同，但終會達到一定的平衡與重複的狀態。因此，酸液萃取法是可用來比較與區分陶胚體成分的化學性質。雖然平衡液並非飽和液，單憑平衡溶液的組成來區分陶片礦物組成是困難而複雜的，但直至目前的實驗與分析結果，都呈現出一個現象——即，如果陶胚體的礦物組成相同，僅是製作的條件不同，那麼以弱酸液浸泡所得到的溶液組成，仍然可以反應出陶胚體成分的化學性質 (Abbott 1994; Angstadt-Leto 1994; Burton and Simon 1993, 1996; Cohen 1995; Duff 1993; Neff et al. 1996; Stark et al. 1995; Stone 1992, 1994; Triadan 1997; Zedeno 1994, 1995)。另外，溶解陶粉所產生的酸性溶解液可適用於廣泛的儀器如 AA 或 ICP 等光譜儀 (例如研發者所使用的為 ARL 3520 ICP 光譜儀)，測量溶解液中十二個主要與次要的元素(Al、Ba、Ca、Fe、K、Mg、Mn、Na、P、Ti、Zn、Sr; Burton and Simon 1993)，而非微量元素(trace element)或全部元素的含量 (微量元素一般須運用在一地區之地質特質有足夠的分歧性下，才能發揮功效，因此較適合處理長距離交易議題的探討，或進行極為不均質的「陶土原料」的比對。它對於處理區域內與鄰近區域間的議題，反而不敏銳或容易產生誤差，並不如側重對基本而主要元素的分析來得恰當與有

利)。因為此十二個主要與次要的元素為陶胚體中普遍與含量較多的元素，測量它們可減少誤差並產生高度的準確性與重覆性，也可節省分析時間與降低分析成本。經過研發者上千次的實驗，顯示酸液萃取法為一種安全又便宜的方法，對樣本造成的傷害也最小(一個樣本只需要0.2~0.21mg的量即可)。此法還可應用於許多的儀器上，其所獲得的陶胚體之物理與化學屬性分析結果既細微又精準。研究人員更可在同樣的經費限制下，以之來進行比其他方法還要大量的樣本分析。

相較於其他方法，酸液萃取法在分辨、區隔區域內不同工藝生產地點與技術體系的研究上，應當是更為便利和具有效益的。因此，該分析法自1993年被提出後至1996年止，先後為數十位考古研究者所採用，也得到了相當大的研究成果與回應(Abbott 1994; Angstadt-Leto 1994; Cohen 1995; Duff 1993; Stark et al. 1995; Stone 1992, 1994; Zedeno 1994, 1995等)。當然，也不乏有研究者反對或質疑其有效性與敏銳度。在正反兩邊的論辯過程中卻益加凸顯了酸液萃取方法與其他方法的特性和差異(Angstadt-Leto 1994; Burton and Simon 1996; Cohen 1995; Neff et al. 1996; Triadan 1997; Triadan et al. 1997)。

Angstadt-Leto (1994) 以 Cibola area 出土的陶器樣本進行實驗，結果顯示，樣本不管是來自純陶土原料或是加了摻和料後燒製成的陶片，在 K-mean 分析下，酸液萃取法所得的結果皆聚在同一叢集中，此意味著酸液萃取法是可精細分析出陶片的化學特質並區分出不同原料的樣本，因而可提供做為製陶材料來源的研究基礎。但 Angstadt-Leto 也慎重指出，酸液萃取法從未以決然精準的方法自居，其中所使用的 weak HCl (稀鹽酸) 在某些情況下是無法萃取樣本全部的離子。weak HCl 對於樣本增進的硬度是相當敏感的，一旦碰上陶片樣本時，這特質便會產生問題，因為不同的陶土開始玻璃化(vitrification)的溫度不同；而陶器使用的陶土材料中所外加的一些物質，也可能強化或減緩玻璃化過程，這些都會影響 weak HCl 可能無法萃取其中的離子。然而，酸液萃取法可以取得與 bulk ICP(分析全部元素方法)相近的結果，Cibola area 樣本的分析結果就呈現了此種現象。Triadan (1997:17-55) 的研究也承認了該項事實，只是這樣的結果並非放諸四海皆準。陶土類別有其變異，與陶器生產相關的文化行為亦極為分歧，這些因素都使得酸液萃取法無法宣稱能適用於所有的情境與區域，但這也並不表示如 Neff 等人所認為的，因不是分析某一地點陶土最好的方法，就都不適用於所有其他地區的樣本。酸液萃取法對考古學研究

的價值乃取決於研究地區的陶土、地質變異、同一地層結構內的變化以及陶匠所加於陶土中的添加物，而這些因素同樣會影響到其他各種化學元素分析方法的有效性（由 bulk acid ICP 到 NAA 皆然）。由於酸液萃取法對於燒製溫度的改變、玻璃化數量及其他製作技術面向上有高度的敏感性，因而比其他 bulk ICP 方法更需對研究地區有較多的瞭解，不過並不能因此就低估了酸液萃取法的效益，以及其在花費最少時間與物質量上，卻可分析大量樣本的能力（同上引：43-47）。

Burton and Simon (1993) 在其文章中也開宗明義地說，他們並不鼓勵對於工藝品產地和來源等議題或是分析方法不甚熟稔的人使用酸液萃取分析法。Angstadt-Leto (1994) 也強調，雖然許多的研究議題並不要求對陶器變異做完全分析，但徹底認識陶器完整的生產步驟，對於生產與生產地的研究的確是有極大的助益。較之於使用單一的一種方法，一項研究若能夠同時採用幾種不同的分析方法，則對於陶土原料的採擷、陶土的處理、摻和料的添加、燒製的火候和紋飾等面向的研究，必然會有更全盤的瞭解。而大量的樣本數量亦可排除小樣本所可能產生的誤差，而使得統計的結果更形穩固。因此，使用酸液萃取法進行大量樣本分析，再配合少數樣本的 bulk ICP 分析，最後對照二者的分析結果，一來可以釐清分析成分的本質，再者也容易在同一處遺址及其附近區域累積到成千上百的樣本分析資料。以這些資料做為探索與討論的基礎，不但提高了研究結論的可信度，也增加了區域取向研究的可能性（同上引：46-47）。

Cohen 在其研究結論 (1995) 中指出，酸液萃取法對於不同燒製溫度的敏感性，雖然被視為是分析上的一個問題，但這並不是不能克服，也不一定是個「問題」；相反的，它卻可能是該法可以被運用在分析技術變異上的優勢。即使陶器使用同一陶土原料，也會因為每一個物件燒製的溫度或添加之摻和料不盡相同，使得酸液萃取法所分析出來的結果隨之產生差異，而此一特性正可以成為在分析燒製技術以及陶土採擷策略上的優勢。若欲正確地區辨不同的陶土來源，在進行酸液萃取法分析之前，必須先將樣本依不同之火候與摻和料加以分類，區分出 *macro source* 或是 *micro source*，以利辨識原料來源的 *scales*。一般而言，對 *macro* 層次的來源地之辨識，可以不用考量到火候與摻和料的差異問題。然而，一旦區分了 *macro* 層次的來源地後，直接分析陶土，再與其他的陶片樣本進行比對（分析操作的方法請參考 Cohen 1995:Chapter 6），便可以呈現出在 *micro* 層次上的同一原料，因不同火候或不同摻和料所造成的差異。同時，由於酸液萃取法可以辨識化學元素的組成在一般燒製火候上的變異，因

此，當陶片以超過其原有燒製溫度的熱度再重新加熱燒製時，可以降低陶片樣本成分彼此間因燒製溫度的不同所帶來的差異。如此一來，不但能辨識陶片樣本的原燒製溫度技術，更可進一步地運用在檢視陶器製作的標準化與技術體系的研究上（同上引：59–64）。

Triadan (1997) 雖然對酸液萃取法提出質疑，但在其研究中同時運用了中子活化分析 (NAA; bulk technique) 與酸液萃取法對同一批陶器樣本進行分析，並在比對二者的成效時卻也承認：酸液萃取法在辨識原料是來自於外地或是當地時，呈現了與中子活化分析相同的結果。就 Triadan 研究中所討論的外來陶器而言，此二種方法的分析結果之不同處在於成分的細節部分：二組成分在部分元素的組成量上有所差異，而這差異是來自於分析的樣本乃是經過高溫燒製的陶器。採用酸液萃取法對樣本進行成分分析的結果，反映了樣本經高溫燒製所產生的變異（同上引：41–46）與原陶土有所差異。如同前述 Cohen 所提示者，這個現象應該被視為是一個問題或是一種優勢？哪一種分析結果才是真實地反映了陶器樣本的本質？樣本乃是經過高溫燒製的東西，酸液萃取法的分析結果反映了這現象，但中子活化分析的結果卻與陶土原料的成分相同，並未反映樣本原是高溫燒製的事實。Triadan 的分析比較至少說明了：酸液萃取法在討論陶土的來源上，不但具有能與其他 bulk techniques 匹敵的功效，甚至還更勝一籌，比其他方法更為敏銳、適用，能進一步辨識新加入之技術面向的變異性。在目前所有的分析例子中，無論是支持或反對者，都同樣得到以下的結論：酸液萃取法所得出的數據，呈現了陶器樣本的本質——乃是一種經過人工處理、燒製而成的、已非原始原料之物，而這也是 Burton and Simon 在其文章中 (1993, 1996) 所一再強調的。

(四) 研究旨趣

不論是進行同一遺址內不同工藝品的比較，或是同一區域內不同遺址所有之同類型工藝品的比較，都要比不同區域與不同類型工藝品的比較，更需要精細的資料。同時，當進行同一區域內不同人群的工藝製作技術的辨識，以及社會界線或交換體系的研究時，必須考量的是一種工藝品（例如陶器）的所有類型，而非單一類型的分析，且需要大量的樣本，才能做為多變數分析的基礎，並達到統計上的有效性。酸液萃取法即是為了滿足此種對大量樣本與精細結果的需求，所研發出來的方法，倘若能與一研究地區之地質資料及其他相關方法相互配合，對於工藝製作技術變異的分析將會更加有利。因此，筆者認為在有限

的經費下，如果研究的議題要求大量的樣本與精細的分析結果的話，酸液萃取法不失為一項值得採用的分析工具。

多年來臺灣考古學界已見成分分析的研究，在學術報告中也常可見到出土遺物之成分分析資料，但泰半是以物理性的岩象分析為主，小部分則是採用其他的物理分析法，並且在同一遺址或同一類器物上往往只取得個位數的樣本量。這些研究報告在成分分析資料的運用上，多僅止於交代器物成分或對來源地做一些推測而已。本文的目的，即在運用酸液萃取法，輔以少量樣本的岩象礦物分析，以墾丁地區出土的特定史前時期之陶片標本為樣本來進行成分分析，期盼能藉此對當地陶器的原料特質、來源地，甚至是陶器製作與生產技術得到初步的認識，並檢視化學成分分析運用在臺灣考古學研究上的可行性，同時展示如何在考古學議題的研究與探討中應用成分分析的資料。筆者企盼將來能夠配合其他的成分分析方法以及其他面向的資料，進一步探討諸多進階的研究議題：陶器製作上細微的技術變異，區域內與區域間的陶器生產技術和制度，其背後的社會與經濟脈絡，人群互動與交易形式以及體群間的社會邊界等。筆者原擬取得地質學者的協助，以採樣可能的陶土原料進行分析並與燒製的陶器樣本進行比對，來檢視化學分析的成果，並對一些技術變異做辨識的分析。然而由於未能及時獲得這方面的協助，因此本文僅就陶器的樣本做化學與岩象分析，一些技術變異以及與其相關議題的分析和探討，在缺乏原料的種種分析與比對之下，所能觸及的範圍將受到限制。

三、墾丁陶器樣本與成分分析

墾丁地區（圖 1）到目前為止，一共發現六十幾處考古遺址，各分屬於十個不同的文化階段，年代分別自距今 5,000 多年前以迄當代。其中年代最早者屬於舊石器時代的鵝鑾鼻第一文化期（約 4,800 B.P.）。而鵝鑾鼻第二文化期（又稱墾丁文化期）、鵝鑾鼻第三／四文化期與響林文化期，則是屬於新石器時代文化。鵝鑾鼻第二文化期為墾丁地區最早的新石器時代文化，屬於繩紋紅陶文化，出土文物幾乎全是繩紋陶片，年代約由 4,500 至 2,300 B.P.（李光周 1983, 1985; Chen 1998）。³ 此文化期的遺留在 1930 年首度被發現，挖掘者並將出土地點命

³ 李光周根據墾丁遺址的碳十四資料($3,985 \pm 124$ B.P. GX-6997)，界定鵝鑾鼻第二文化期的年代範圍為 4,500 至 3,500 B.P.。自此，從該地區陸續發表的新年代資料，大都是來自單一遺址，且多只

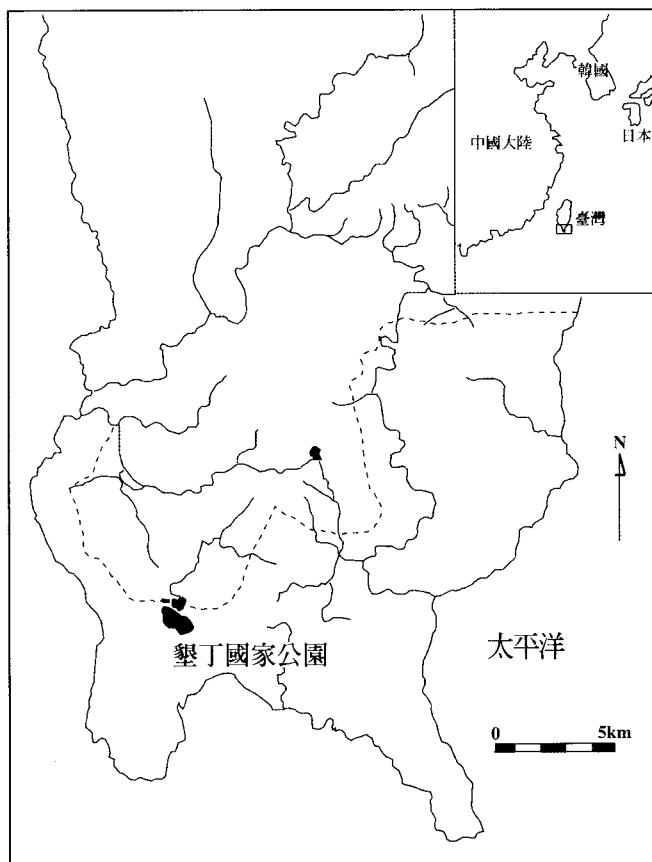


圖1 墾丁國家公園位置圖

名為墾丁遺址，前後所發現的十三處遺址均有相似的出土物，分布範圍涵蓋了墾丁國家公園的東、西海岸區（李光周 1983, 1985；見圖2）。

限於墾丁或鵝鑾鼻第二遺址所出土之物測定的，皆未超出李光周先生所建立的年代架構。即使單一遺址文物的年代資料再多，也並不能說明與涵蓋同文化的不同群體（不同遺址）之擴散與延續年代；因為人群在不同水平空間的散布與歷史縱深的延續，在常態下往往不會同時發生、同時結束。所以，單一遺址文物的年代再多，所代表的也僅是此一遺址被佔據的時間範圍。若欲界定一個含有不同次群體（不同遺址）之文化體系的年代範圍，是需要綜合多數不同地點的年代資料方有可能做到。2,300 B.P. 這個年代數據，乃是由落林遺址的定年資料所校正而得的，雖說臺灣因為特殊地質特性的緣故，每個年代資料都需要有更多的測年資料彼此檢視、確認，但這份定年資料的存在，代表著該年代的人群在不同水平空間散布與歷史縱深延續的可能憑證。在有更多資料能證明其無效之前，筆者無法任意抹除。因此依據此，筆者將鵝鑾鼻第二文化期的年代範圍修正為4,500至2,300 B.P.。詳細的討論請見Chen (1998)。

鵝鑾鼻第三／四文化期的年代為 3,700 至 1,900 B.P. (Chen 1997, 1998),⁴ 文化特色是具有彩陶與素面陶，其組成主要為素面紅陶，加上少許的彩繪陶、繩紋陶、畫紋陶、弦紋陶及壓印紋陶等。該文化期的遺留首次在鵝鑾鼻第二遺址與番仔洞遺址被發現，其後總共發現了十處遺址（李光周 1985；Chen 1997, 1998；見圖 2）。在陶器方面，第三／四文化期不只是在紋飾上與出土全為繩紋紅陶的第二文化期有所差異，陶器的火候、陶土的處理以及摻和料的種類與粒徑大小，也都有所不同（黃瑞金 1984）。新的定年資料顯示，此二文化期可能

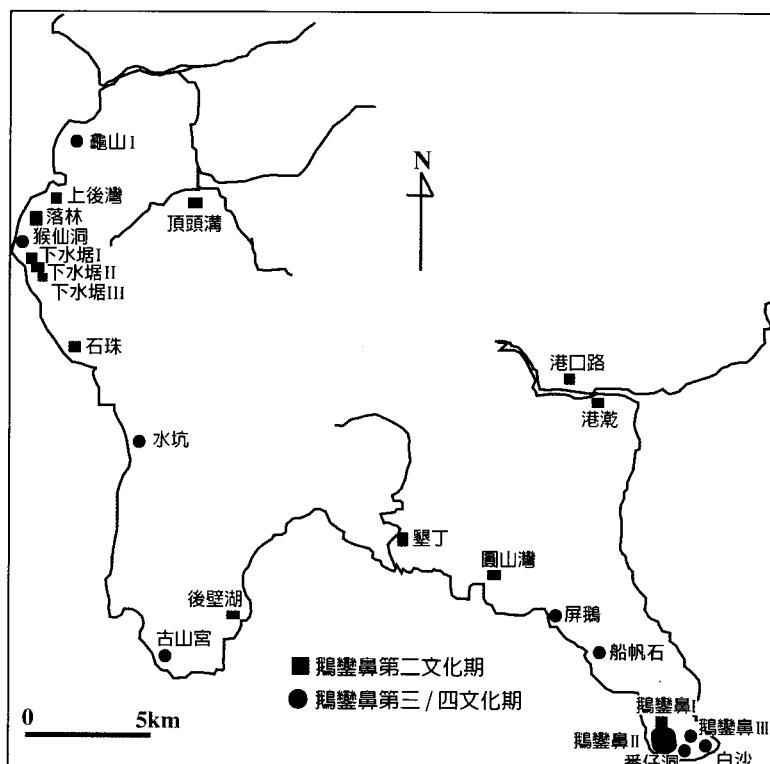


圖 2 鵝鑾鼻第二、三／四文化期之遺址分布圖

⁴ 鵝鑾鼻第三文化期與第四文化期是由李光周所界定的。他當時是根據地表採集的陶器遺留的特性所做的，並沒有足夠、確實的層位資料可加以佐證。筆者根據數個遺址的層位、陶器遺留與定年資料檢視，並無法找到如此分類界定的依據，反而是顯露了當時依據地表採集資料常見的抽樣誤差所造成的分類界定上的失真，因此決定將之修正為單一的文化層（鵝鑾鼻第三／四文化期）。詳細討論請參見 Chen (1998)。而黃瑞金對墾丁地區陶器工藝技術的分析，則是將鵝鑾鼻三／四文化期分成第三與第四兩期做為分析的依據，分析結果顯示二者極為相似，沒有什麼差異（黃瑞金 1984）。此一結果一方面可佐證筆者對李光周早期文化序列界定的修正並無不當之處，另一方面也說明了即使分成兩個文化期，筆者的分析結果也並不受影響。

有所重疊，而並非如先前研究者所認為的是截然一前一後接續的關係（Chen 1998）。假設此新資料是正確的，那麼二與三／四文化期的人群互動的可能性以及互動的形式為何等問題，都將是有趣而值得探討的議題。同時，第三／四文化期的十處遺址，包括了兩個不同的聚落形態。其一，龜山、船帆石、番仔洞、鵝鑾鼻第二與第三遺址，都是坐落在岩蔭處，範圍侷限、狹小而封閉；其二，如猴仙洞、水坑、古山宮、屏鵝與白沙等，則是坐落於開闊的海階地上，範圍廣闊而延展。根據筆者初步的分析結果顯示，這十個遺址比較可能是屬於自給自足性的居住地（陳瑪玲 1999）。深入探討遺址彼此間可能的互動關係與形式，以及其各自與共同的社會和經濟形式與脈絡等議題，將有助於重新檢視聚落形態初步研究的成果並詮釋之。而對陶器生產之技術變異進行研究，尤其是從成分分析著手，對於這些問題的討論應當有所啟發。

本文即以墾丁地區內不同文化期與不同遺址內出土的陶器成分分析為主，並比較其間的差異，其中比較鵝鑾鼻第二與第三／四文化期出土的陶器、第二文化期的不同遺址出土的陶器，以及第三／四文化期不同遺址出土的陶器等視為討論重點。筆者期待日後可以將此一分析方法與結果延伸至不同地區的相同文化（例如繩紋紅陶文化）出土陶器的比較研究，以深入探討同一地區內與不同地區間文化與社會的邊界，或不同群體間的社會和經濟互動之形式等議題。

本文共採用陶片標本二百片，⁵ 做為化學成分分析的樣本（見表 1）。抽樣原則以墾丁（三十片；4,500 B.P.）與落林（二十八片；2,300 B.P.）二遺址代表鵝

表 1 各類陶片樣本數

遺 址	陶片類型							合計
	A	B	C	D	E	F	G	
墾 丁	0	0	20	4	6	0	0	30
落 林	0	2	9	14	7	0	0	32
船帆石	5	5	6	2	5	0	5	28
番仔洞	0	5	1	2	0	4	2	14
猴仙洞	5	5	7	6	5	4	5	37
鵝鑾鼻 II	5	5	1	0	4	4	5	24
水 坑	5	5	6	5	5	4	5	35
總 計	20	27	50	43	32	16	22	200

⁵ 樣本數取決於經費之限制。

鑾鼻第二文化的早、晚期；猴仙洞（三十七片）、水坑（三十五片）、船帆石（二十八片）、鵝鑾鼻第二遺址（二十片）與番仔洞（十四片）等五處遺址，代表第三／四文化期。由於陶片樣本大都破碎細小，無從得知陶器的形制與功能，因此無法以陶器形制類型做為分析的基礎。另外考量到此次研究或進階研究所欲涉及之技術變異的辨識工作，因此本文主要是以表面的處理方式（鵝鑾鼻第二文化期的陶器表面因施有繩紋，故不見任何的處理方法；而第三／四文化期則有表面磨光、磨平、無特殊處理及施有繩紋而不見處理等方法）、摻和料的粒徑大小與密度、硬度等技術屬性為依據，來對陶片加以分類，以做為分析的基礎。採行此一特定分類進行分析，主要是考量到胚土與技術選擇間的可能關係，同時將來還可能用來與陶土原料的分析做比對，以釐清技術變異方面的問題。筆者將陶片共分成七類：

1. 陶片表面或者磨光或者磨平（此類是為彩繪所施於的陶片類型）。
2. 陶片具有高密度（大於 40%）含砂量、粒徑大（0.25~1mm）。
3. 陶片具高密度的含砂量（大於 40%）但粒徑小（0.12~0.5mm）。
4. 陶片含砂量少且粒徑小（0.03~0.25mm），甚至不見含砂而為泥質者，硬度小於 3。
5. 陶片含砂量少、粒徑小（0.03~0.25mm），但硬度大於 3。
6. 陶片具特殊發亮的摻和料（例如輝石、雲母、角閃石、安山岩等），且呈深棕色或黃褐色者。
7. 陶片表面具有一層鏽土者。⁶

二百片樣本皆依其編號、出土地點與類型加以記錄，並從中各取 0.2~0.21 mg 的樣本磨成粉末，以進行酸液萃取法的成分分析（此項工作由 Dr. Burton 與 Laboratory for Archaeological Chemistry, University of Wisconsin-Madison 負責進行）。

另外，由相同遺址出土的陶片遺留中，選取二十三片樣本做相同的分類進行岩象分析，⁷ 以比對其結果。事實上，此批岩象礦物分析的材料早在 1994 年就

⁶ 鏽土是指因特殊沉積環境、過程或其他的因素造成器表面產生或沾染一層土斑，它即如金屬的鏽斑一樣。

⁷ 主要來自鵝鑾鼻第三／四文化期遺址之出土陶片樣本。

送交地質專家分析，而如前文所說的，這項分析會將整個樣本消耗掉，因此樣本在當年進行岩象分析之後已經全然消耗殆盡，無法再拿來做其他的分析；而若重新選取樣本，只會造成資源的浪費。至於是否增加樣本，則可在檢視此次結果之後再做必要的策略性調整，其成效當較為適切。另外，做為化學成分分析的樣本部分，由於考量到將來還需要再進行其他的分析方法，以便與此次的研究成果互相比對，因此筆者並未拿原樣本再進行岩象分析。在這情況下，二種分析並非使用同一樣本，其結果如何可以比對？原則上，在抽樣的策略思維下，運用相同的分類方式，在足夠的樣本量下，分析結果即可同時用來檢視同一類樣本的同質性，進而確立分類的正確性與否（此即是一方法論的考量、尋求大量樣本的基礎要點），如此就可以對於分析對象是來自於二組樣本所可能產生的誤差加以輔助說明了（當然，筆者在此並不是要強調本文分析的樣本數已經足夠了）。換言之，岩象分析若能指出可能的陶土採擷地點，除非陶片樣本不是來自相同的遺址而是誤植，那化學成分分析的樣本即使與岩象分析者並不屬於同一樣本，一樣能以岩象分析的結果做為討論的基礎。不過，此處應當考量的重點是：為何以少數的樣本就可代表成千上百甚至上萬樣本的母體（而這正是一般臺灣考古學研究在成分分析上的作法）？此點即是使用統計或對於統計有基本概念的考古學者所再三強調需求大量樣本的重點之一。

四、分析與結果

(一) 岩象分析結果⁸

岩象分析的結果，大體可將樣本分為三類（見表 2）：

- I. 此類包含大多數的樣本，乃是含有大量石英礦物與砂岩碎屑的樣本，且經過淘洗、砂粒多呈次圓形，顯示材料應當是來自於研究地區本地（即墾丁地區）。由於樣本都未含有任何生物或化石碎屑物，假若原料是來自恆春西臺地的地層，必定會含有大量的化石碎屑物，但這些樣本中並未見此，所以地質學者推斷，原料應當不是來自遺址所在的恆春西臺地，而是其東側的中央山脈地區河流下游的沈積區（見圖 3）。

⁸ 感謝臺灣大學地質系陳文山教授費心費力從事岩象的分析（點屬分析）與在結果解讀上的襄助。

表 2 岩象礦物分析所得礦物組成成分資料

類別	標本號	遺址:	陶類	石英 Qtz	砂岩岩屑 sandstone fragment	火成岩岩屑 volcanic fragment	頁岩岩屑 shale fragment	長石 feldspar	方解石 calcite	角閃石 amphibole
I	C325	水坑	B	67	24	2	3	1	3	0
	C322	船帆石	B	66	30	4	0	0	0	0
	C304	猴仙洞	G	66	25	7	1	1	0	0
	C320	鵝鑾鼻 II	G	65	25	6	3	1	0	0
	C321	鵝鑾鼻 II	A	64	29	1	13	0	1	0
	C318	番仔洞	G	64	32	4	2	0	0	0
	C316	猴仙洞	G	64	29	3	1	3	0	0
	C323	船帆石	A	62	30	1	6	1	0	0
	C319	番仔洞	B	62	21	5	12	0	0	0
	C324	水坑	A	59	25	6	2	3	5	0
II	C314	猴仙洞	G	55	37	2	4	1	1	0
	C309	落林	C	48	35	7	8	2	0	0
	C310	猴仙洞	A	46	36	8	8	2	0	0
	C311	猴仙洞	A	44	44	4	5	3	0	0
	C307	落林	C	97	3	0	0	0	0	0
	C326	猴仙洞	D	93	4	2	0	1	0	0
III	C313	猴仙洞	E	92	8	0	0	0	0	0
	C305	落林	D	84	10	2	3	1	0	0
	C312	猴仙洞	A	81	12	1	5	0	1	0
	C308	猴仙洞	B	73	17	8	0	2	0	0
	C306	猴仙洞	G	70	25	4	0	1	0	0
	C317	番仔洞	F	0	0	5	0	40	0	55
	C315	猴仙洞	F	0	0	2	0	52	0	46



圖3 墾丁地區地形分布與原料可能的採擷地點

- II. 此類樣本的石英含量高達 70%以上，且材質細緻，可能是採自與 I 類同一地點的原料，但是經過更刻意、費工的掏洗過程；然而也有可能是屬於不同的原料、採自不同的地點，不過前者的可能性顯然較大。
- III. 此類只包含二件 F 類陶片樣本，成分為含有特殊、新鮮的角閃石，而全然不見石英礦物、砂岩砂屑等，原料當是刻意地採自特定角閃岩岩塊邊附著含有角閃石礦物的黏土。研究區域內的墾丁層具有此類特殊的岩塊，但另外如臺灣東部也有含此種特殊角閃石礦物的地層。此類含特殊成分的原料是採自當地或來自外地，尚須日後進一步對整個胚體做陶土成分的分析，瞭解整體成分，並與上述二地區之地層岩塊成分進行比對，才能確實下定論。然而，地質學者認為，出於研究地區的墾丁層，應當是比較合理、可能的推論。

岩象分析辨識了陶片樣本原料的內含物成分與可能的採擷地點，也區辨了 F 類陶片樣本成分的特殊性而與其他樣本區隔開來。大部分的樣本顯示，原料當是來自恆春西臺地東側中央山脈河流下游的沈積層，而研究的遺址卻都是位於西臺地的西側海岸——亦即後灣至鵝鑾鼻的沿岸，因此遺址的陶器原料顯然都不是採自遺址鄰近區域的地層，而是特意到臺地東側去採擷的。

(二) 化學成分分析結果與相關分析

1. K-mean 叢集分析 (Cluster Analysis)

為數二百的樣本以酸液萃取法進行成分分析，十二個化學元素含量數據則成為基本的資料庫，並以此做進一步的統計分析。首先，採用在 SPSS 系統中的 K-mean 程式對資料做叢集分析。所預期的結果是，如果各文化時期或各遺址陶器的胚土是不同的，那叢集分析即會依據不同的文化期或不同的遺址，將陶片樣本分群。如果胚土與製作的技術（例如表面處理、摻和料的選擇與火候等）有關，那叢集分析就會依陶片的類型將陶片樣本區分開來。叢集分析以 2、3、4、5 與 7 等叢集層次分別進行，所有的結果都顯示樣本並不如預期的可依不同的文化期、不同的遺址或不同的類型被區分開來。在 2 叢集層次的分析中，大部分的樣本（86.5%）被群集成一組，而其他僅存的二十七個樣本（13.5%）則另成一群集，並不如預期的依不同的文化期分成二群組（見圖 4）。在 3 叢集層次的分析中，大部分的樣本仍是混合在一起，但被區分成二大群組，只剩第三／四文化期的 F 類型陶片樣本與少數第二文化期的樣本被聚集成第三小群集，形成極類似 2 叢集層次中的第二群組（見圖 5）。在 4 叢集層次的分析中，有九個鵝鑾鼻第二遺址的樣本被獨立出來，單獨形成一群組，其餘則與 3 叢集層次中的相似（見圖 6）。在 5 叢集層次的分析中，大部分的樣本仍聚集成一群組。第 2 群組則只包含一些由第三／四文化期出土的樣本，和來自墾丁與落林遺址的樣本各一。第 3 群組只包含一些第三／四文化期出土的樣本。第 4 群組只含五個由鵝鑾鼻第二遺址出土的樣本。第 5 群組則只含九個船帆石出土的樣本（見圖 7）。在這些不同叢集層次的分析結果中，除 F 類樣本外，在樣本類型上並無特別的群集現象。其他層次分析的結果，則與上述無太大的差異。

若仔細檢視 2 叢集層次中的第 2 群組與 3 叢集層次中的第 3 群組的組成成分，尤其是後者，可發現是由猴仙洞（2）、水坑（2）、鵝鑾鼻第二遺址（4）與番仔洞（2）等遺址出土的 F 類型陶片樣本（10/16），及屬鵝鑾鼻第二文化期的墾丁與落林遺址出土的一些 C、D、E 類型陶片樣本所組成。以此群組與其他群

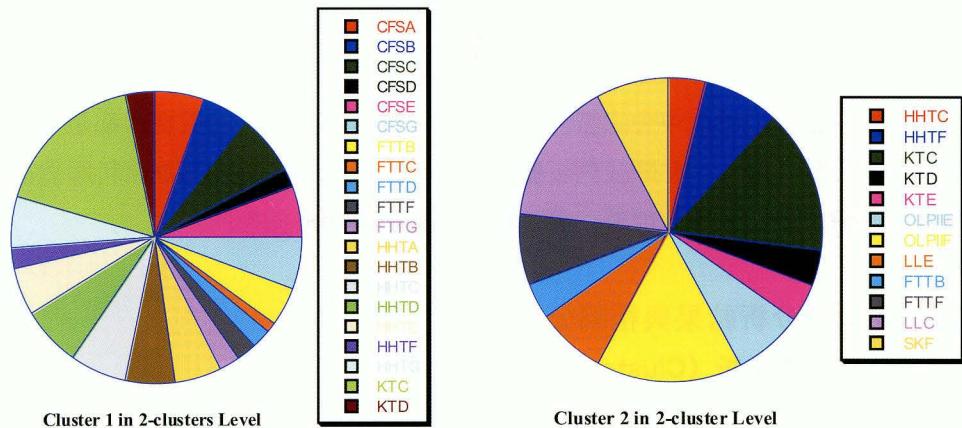


圖4 叢集分析在2叢集層次分析所得的結果

(KT：墾丁；LL：落林；HHT：猴仙洞；SK：水坑；CFS：船帆石；
OLPII：鵝鑾鼻第二遺址；FTT：番仔洞）

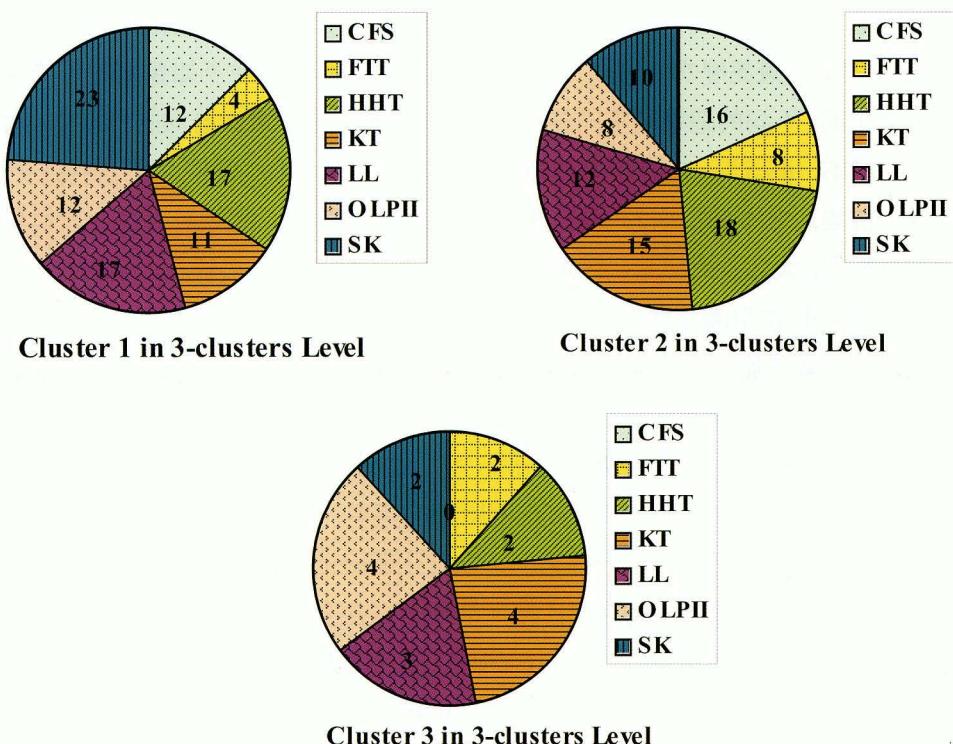


圖5 叢集分析在3叢集層次分析所得的結果

(圖中數字為樣本數；KT：墾丁；LL：落林；HHT：猴仙洞；SK：水坑；
CFS：船帆石；OLPII：鵝鑾鼻第二遺址；FTT：番仔洞）

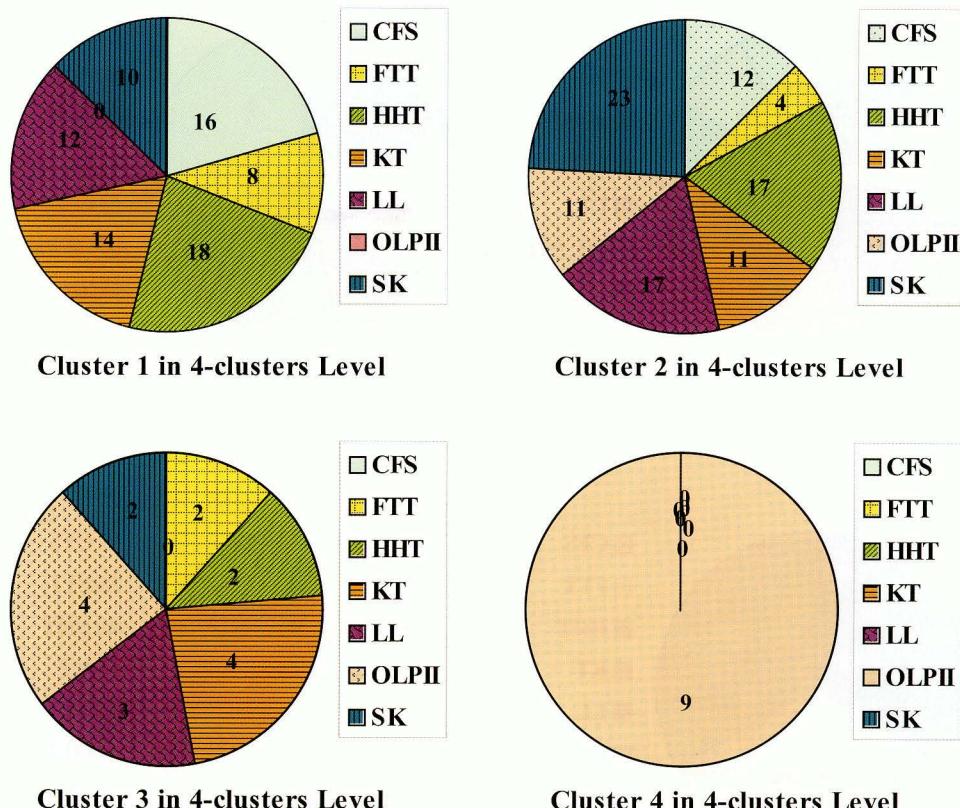


圖 6 叢集分析在 4 叢集層次分析所得的結果

(圖中數字為樣本數；KT：墾丁；LL：落林；HHT：猴仙洞；SK：水坑；CFS：船帆石；OLPII：鵝鑾鼻第二遺址；FTT：番仔洞)

組做比較，發現似乎與岩象礦物分析的結果有近似的樣貌。然而 F 類陶片樣本未全部被歸入，而一些其他類型者卻被歸入此成分群組中，這是因肉眼判別而可能產生的誤差？或是 K-mean 叢集分析對成分的區辨仍不夠細緻之故？

K-mean 分析在本研究中並未呈現細緻的分群區辨能力，⁹ Burton 認為這是因筆者將所有類型的樣本以及樣本的十二個元素的資料全數納入分析中，而未如其他學者只選取其中幾類樣本或元素的資料分析，造成分析的總體樣本涵蓋了太多的資訊，以致樣本特質複雜，導致 K-mean 分析在分群上的困難。筆者以為一方面對研究地區地質特性的認識，尚不足以在方法論上做選取；另一方面也為了日後能與其他方法有互相比較的同等基礎，故在本文仍將原有的分析結果呈現出來，期待日後對當地陶土原料特性累積了足夠的認識時，或可對

⁹ 筆者在進行完此項分析後曾與 Burton 討論過結果。

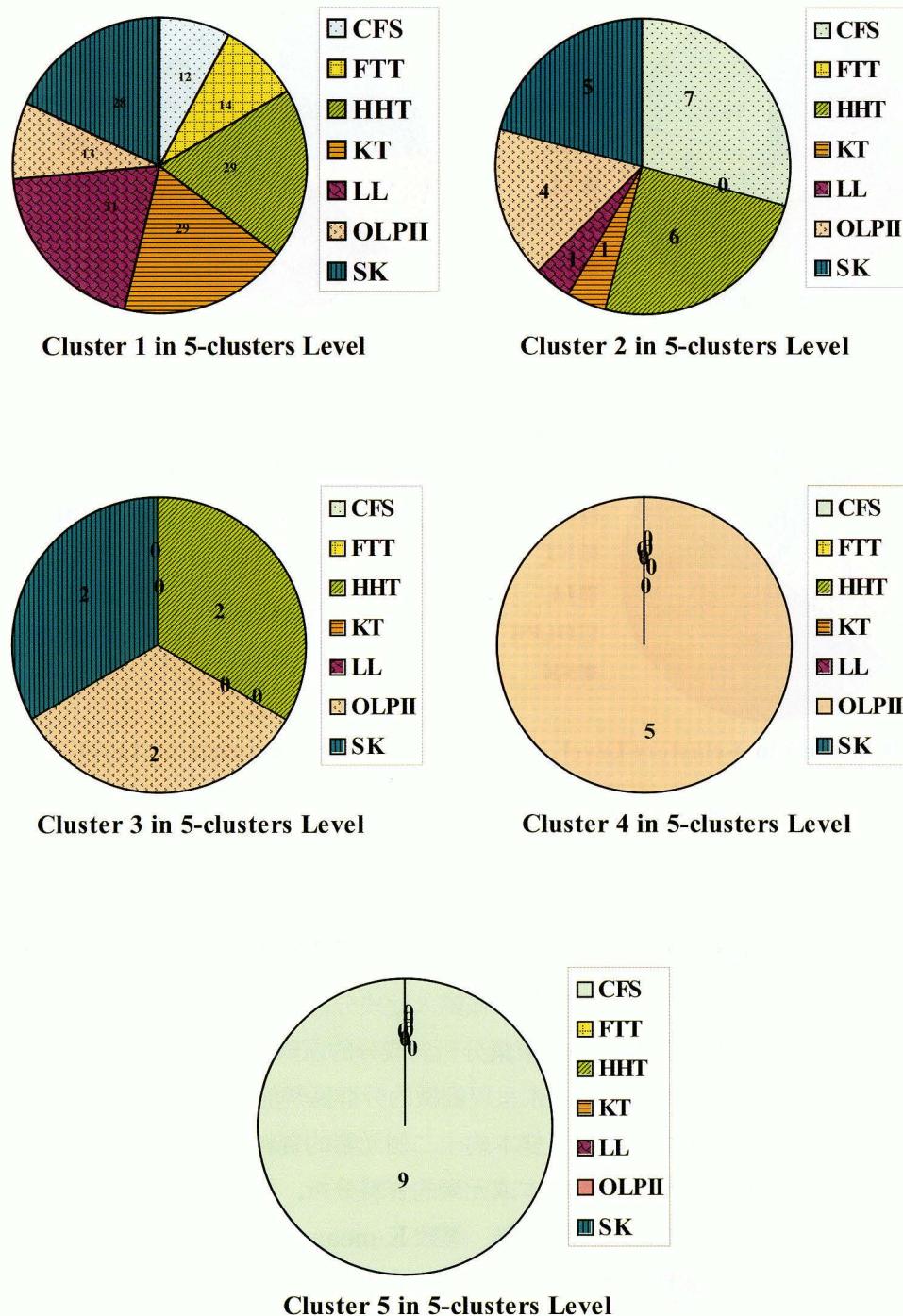


圖 7 叢集分析在 5 叢集層次分析所得的結果

(圖中數字為樣本數；KT：墾丁；LL：落林；HHT：猴仙洞；SK：水坑；
CFS：船帆石；OLPII：鵝鑾鼻第二遺址；FTT：番仔洞)

K-mean 分析做不同的操作，屆時再回頭檢視分析的精細度，以及與其他方法的差異性。

2. 因素分析 (Factor Analysis)

因素分析基本上在討論分析對象(樣本群)中成員的特質與其間的差異。換言之，此方法主要在討論分析對象或樣本是以何為主體，該主體涵蓋多少成員，以及該主體整體和成員的特性為何。因此，為進一步確認酸液萃取法所得的化學元素成分與岩象分析結果相同並且可彼此呼應，筆者進一步將岩象分析所得的礦物組成成分與酸液萃取法所得的化學元素組成成分資料，分別做了因素分析以比對其結果。分析結果顯示，礦物組成成分的因素分析將樣本分成二因素群組，一為二片 F 類陶片樣本自成一群組，另一則包含了所有的樣本(見圖 8)。此即表示礦物組成成分因其特質可以區分成二次群組，而二者在特質上有極大的差異。此結果證明了岩象分析對陶類質地的分類結果。另外，I 與 II 類陶片樣本成分極相似，但其中 II 類石英含量較高、材質細緻，二者在因素分析中卻都被納入同一群中，顯示二者原料成分是相似甚至是相同的。此點確認了地質學者對第 II 類陶片樣本原料來源的詮釋：II 類與 I 類極有可能是來自同一地點，只是處理過程（掏洗過程）有所差異而已，II 類經過更刻意、費工的掏洗過程而形成石英含量較高、材質細緻的現象。

化學元素組成成分的因素分析結果，與岩象分析及 K-mean 的分析有著彼此相似、對應的模式（見圖 9）。分析結果將樣本分成三個因素群組，前二因素群組與礦物組成成分的因素分析結果相同，一為將大部分 F 類陶片樣本與其他

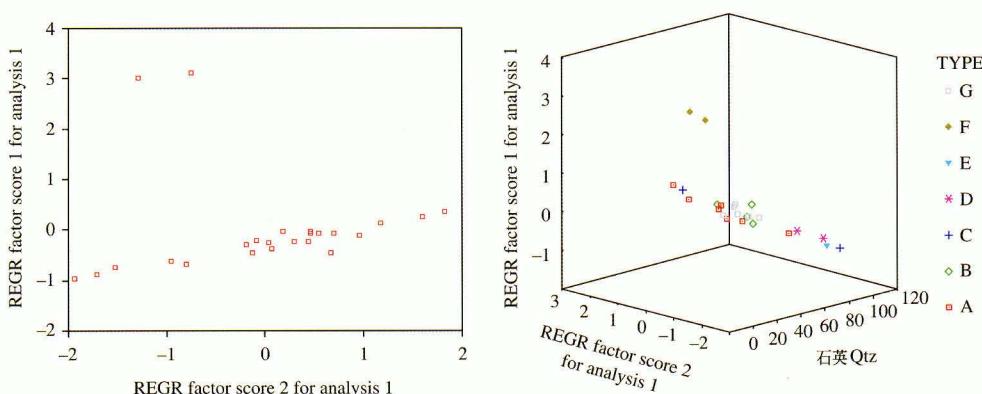


圖 8 矿物組成成分的因素分析結果

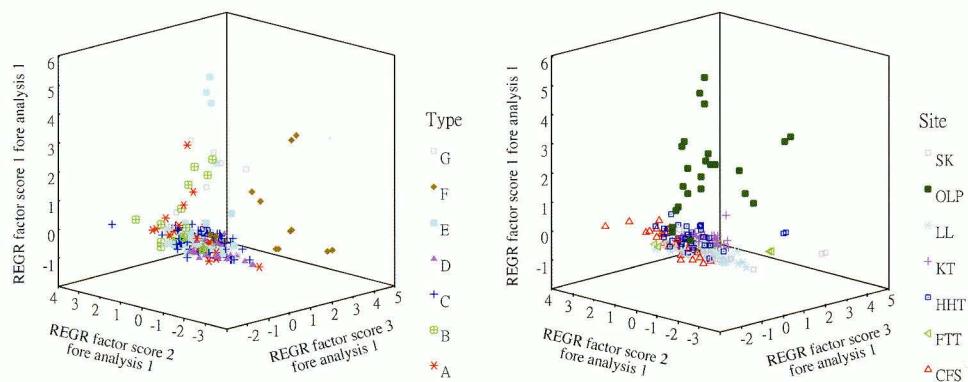


圖 9 化學元素組成成分的因素分析結果

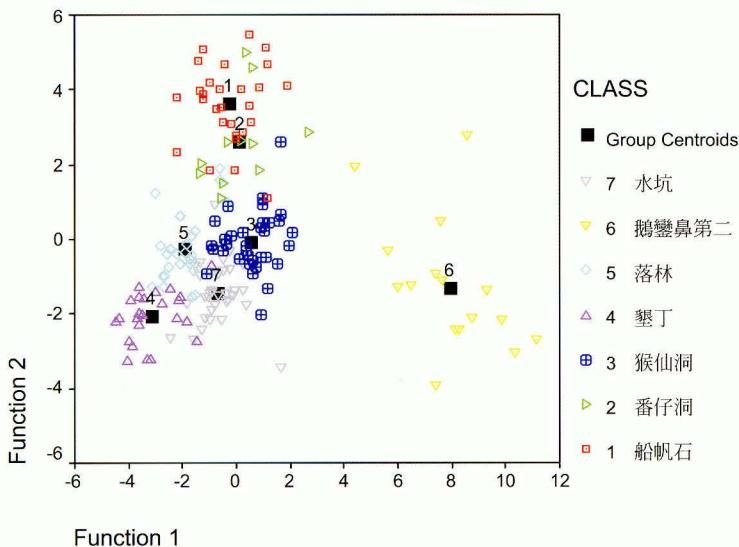
樣本區隔開來，獨自組成一群組，另一則包含了大部分的樣本：來自不同文化期、不同遺址以及不同類型。第三因素群組則只包含了一些來自鵝鑾鼻第二遺址的不同類型陶片樣本——此與 K-mean 簇集分析在 4 簇集層次的分析中，將部分鵝鑾鼻第二遺址的陶片樣本區分出，有著相似的結果。

不論是礦物組成成分或化學元素組成成分，在因素分析的結果下，都呈現了 F 類陶片有著與其他樣本相當差異的特質而被區隔開來，而其餘大部分的樣本(除了少數來自鵝鑾鼻第二遺址的陶片)成分則不分文化期、遺址或類型，均有著相同的特質。

3. 差異分析 (Discriminant Analysis)

差異分析基本上也是在討論、分析樣本群中成員的特質與其間的差異，但卻是藉著檢視各群體內成員的個別與綜合特質，並將此與他群之特質進行比較而得。前述化學元素成分的 K-mean 分析，在 2 簇集層次分析中所區分出的第一群組，其中包含了 87% 的樣本，但卻未能呈現出更多的資訊。此外，我們也看到了在 4 與 5 簇集層次的分析中，部分來自鵝鑾鼻第二遺址的各類陶片樣本被獨立出來，顯示了它與其他樣本的差異性。為求對此群組能有更進一步的認識，筆者在此特別將此群組樣本成分資料以差異分析做第二階段的分析。分析重點仍在檢視陶片樣本成分是否會因所屬的文化、遺址、類別的不同而有所差異。按岩象分析的結果，樣本原料都是來自同一地區、同一地點，但其間是否仍存在著細微的差異？能否再被精細地區隔出來？分析結果可分別見於表 3 和圖 10、11、12 與 13。

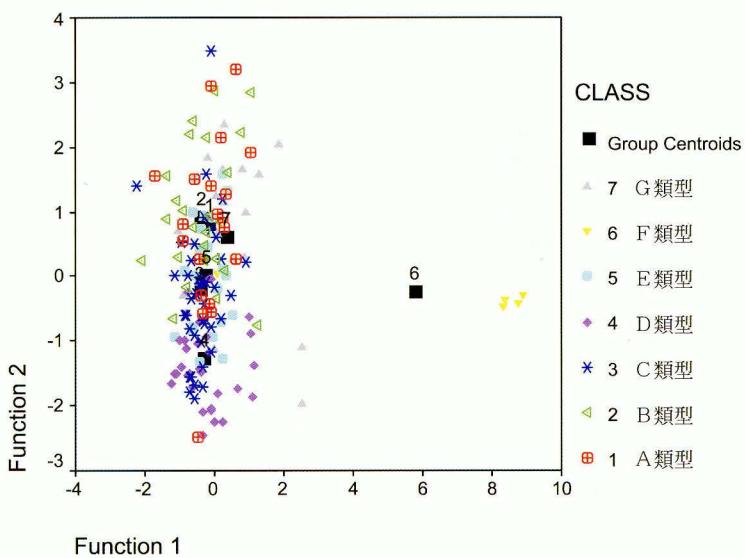
Canonical Discriminant Functions



- b. 89.6% of original grouped cases correctly classified.
 c. 85.0% of cross-validated grouped cases correctly classified.

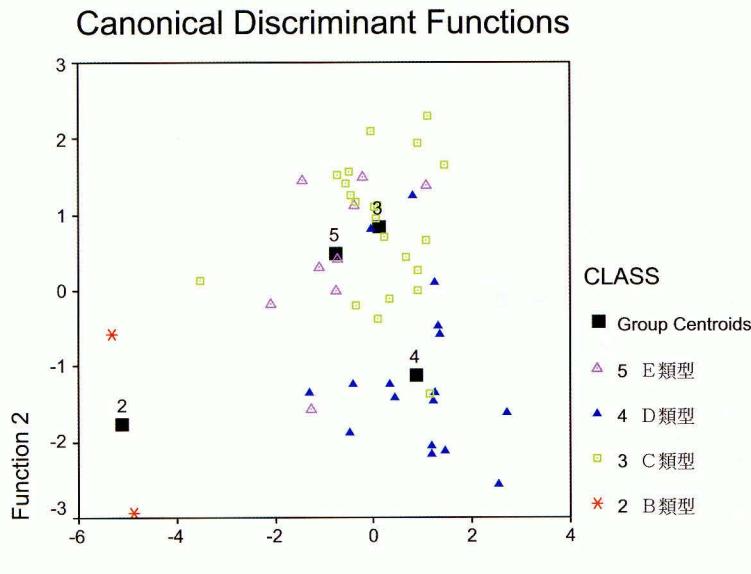
圖 10 樣本來自不同遺址的差異分析結果

Canonical Discriminant Functions



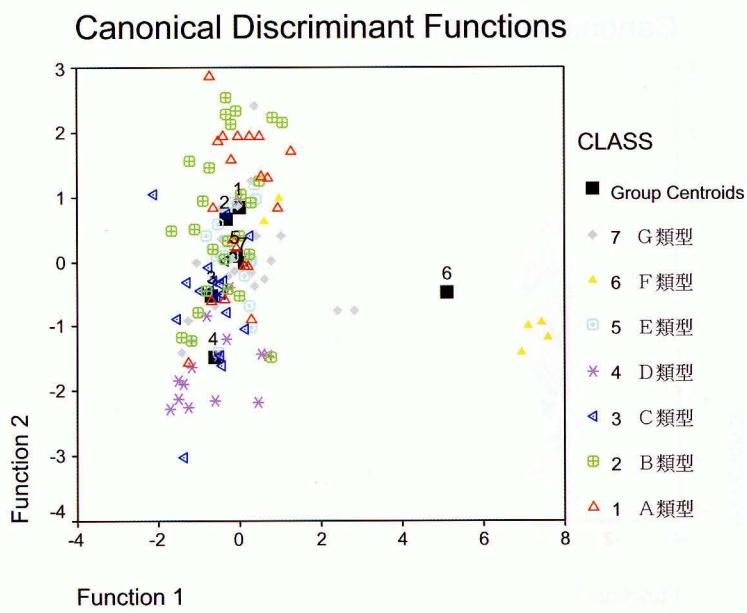
47.4% of original grouped cases correctly classified

圖 11 來自各不同類型陶片樣本的差異分析結果



- b. 82.0% of original grouped cases correctly classified.
 c. 58.0% of cross-validated grouped cases correctly classified.

圖 12 鵝鑾鼻第二文化期不同類型陶片樣本的差異分析結果



- a. 52.0% of original grouped cases correctly classified.

圖 13 鵝鑾鼻第三／四文化期不同類型陶片樣本的差異分析結果

表3 樣本來自兩個不同文化期的差異分析結果

Tests of Equality of Group Means

	Wilks' Lambda	F	df1	df2	Sig.
AL	.838	33.003	1	171	.000
BA	.974	4.616	1	171	.033
CA	.964	6.361	1	171	.013
FE	.973	4.679	1	171	.032
K	.993	1.237	1	171	.268
MG	.812	39.521	1	171	.000
MN	.966	6.009	1	171	.015
NA	.916	15.755	1	171	.000
P	.966	5.987	1	171	.015
SR	.985	2.583	1	171	.110
TI	.957	7.595	1	171	.006
ZN	.984	2.708	1	171	.102

Test Results

Box's M	935.964
F	Approx. 10.838
	df1 78
	df2 30119.856
	Sig. .000

Tests null hypothesis of equal population covariance matrices.

Classification Results^{b,c}

CLASS			Predicted Group Membership		Total
			1	2	
Original	Count	1	40	10	50
		2	4	119	123
	%	1	80.0	20.0	100.0
		2	3.3	96.7	100.0
Cross-validated ^a	Count	1	39	11	50
		2	5	118	123
	%	1	78.0	22.0	100.0
		2	4.1	95.9	100.0

a. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.

b. 91.9% of original grouped cases correctly classified.

c. 90.8% of cross-validated grouped cases correctly classified.

1: 鵝鑾鼻第二文化期；2: 鵝鑾鼻第三／四文化期

表3差異分析的結果顯示，來自不同文化期的樣本，是有著顯著的不同（Box's M test, $F = 10.838$, F level = 0.001）。來自鵝鑾鼻第二文化期的樣本，在分類上有 80% 的正確性；出自第三／四文化期的樣本，分類上更可高達 96.7% 的正確性。亦即，此二群來自不同文化期的樣本組成成員，其特質在群體間的比較上有所不同，但在自我群體內則有高度的同質性，因此分別屬於兩個不同文化期的樣本被明顯地區分二群（即使是非肉眼可見的）。圖 10 同樣顯示了來自各不同遺址的樣本特質，彼此有著明顯的差異，因此可被區分開來，其分類的正確性高達 89.6%；由分布圖可看出，來自各遺址的樣本都各自聚集成群，而與其他遺址的樣本區分開來。圖 11、12、13 呈現的則是依據陶片類型所做的差異分析。分析工作是先將所有陶片樣本只以類型做區分加以分析，在下一個階段，才是依其文化的歸屬做陶片類型的差異分析。第一步驟的分析結果，顯示了 47.4% 的分類正確性。換言之，此種結果意味著將所有的樣本混合去檢視不同類型陶片間的差異，所呈現的是負結果。這現象顯示樣本的成分過於混雜，無法將其依類型區分開來。這個結果可能也解釋了為何 K-mean 在前述的分析中無法呈現出細微的精確性之故。此一現象可由圖 11 理解，來自各類型的樣本，分布混雜而無法區隔開來。在第二步驟的分析上，將樣本依照文化的歸屬區分開之後再做分析，其結果顯示，第二文化期的樣本（雖只包含四類陶片類型）成分，其特質在不同的類型上是有差異的，可彼此被區隔開來，其分類的正確性達 82%。此結果可由圖 12 中，各類型的樣本各自聚集成群而與其他類型的樣本區分開來，加以說明和印證。屬於第三／四文化期者，有 52% 的正確性，顯示出此文化期的樣本在不同的類型上，雖有差異、但並不明顯，圖 13 中樣本的分布顯示了這個現象。

五、討論與結論

綜合陶片樣本的岩象礦物組成成分分析、礦物組成的因素分析、樣本的化學成分分析、化學元素組成成分的 K-mean 叢集分析、因素分析與差異分析等等結果，可歸納出一些研究地區之陶器生產的原料來源、技術，以及相關的社會和經濟面向上的資訊。在早期研究中，已顯示了兩個不同文化期（鵝鑾鼻第二文化期與第三／四文化期）的陶器製作在陶器的紋飾風格、表面處理、摻和料的粒徑大小、密度與火候等屬性上，是有所差異的。如今，透過物理與化學成分分析，更可清楚而細微地呈現出此種差異。

新的分析結果透露了一些與陶土原料及陶器製作技術等方面相關而有趣的資訊。首先，化學元素組成成分的 K-mean 簇集分析結果，將大部分樣本群集成一群組，而此群組的樣本是來自於所有的遺址、文化期和陶片類型。因素分析也呈現了相似的結果，而此一結果可由岩象礦物分析結果來加以對應說明。換句話說，大部分陶片樣本的成分是相同的——即均是採擷自恒春西臺地東側地區內之小溪流河床的沈積泥層。這顯示出二文化期與各個遺址，不管遠近，即使如船帆石、鵝鑾鼻第二遺址、番仔洞等地相距遙遠，仍然都是到同一地區、地點採擷所用的陶土或摻和料來製作陶器。為何這二文化期的陶匠都捨棄了鄰近之地區，而千里迢迢跑至此一特定的地點來採擷製陶的原料？是因其他地區的沈積泥層不適合用來製陶？或是此地點的泥層可滿足陶匠的某種特殊需求（例如含有大量石英礦物與砂岩碎屑）？此外，岩象礦物分析的結果也指出了製陶原料雖然都取自同一地區、地點，但處理（掏洗）過程卻因某種因素而有所不同。這些問題與意義就必須對可能原料的特性、陶器的形制與製作技術做更細微的分析，才能得到答案。

另外，化學元素組成成分在 K-mean 2 與 3 簇集層次的分析與因素分析中，有一小群組被區分出來。此群組所含的重要樣本為 F 類型陶片（化學成分以具有高含量之鋁、鈣、磷、錫、鈉元素及低含量之鋁、錳、鐵元素為特質，礦物組成以含有特定的角閃石及較多量的長石為主）。依岩象礦物分析所呈現的結果，F 類陶片為含有特定的角閃石與長石礦物者；而唯有當地的墾丁層及臺灣東部特定的地層，才含有此種特定的角閃石與長石礦物。此一訊息顯示了陶匠是刻意到此特定地點，採擷特有的陶土材料，因而透露出一些與陶器生產相關的技術與社會面向的資訊。此類陶片樣本只出土於鵝鑾鼻第三／四文化期的遺址內，顯示兩個不同文化期的陶器製作體系，除早期所知的（在紋飾風格、表面處理、摻和料的粒徑大小、密度與火候等屬性上）差異外，尚有更特殊的差異存在。若 F 類陶片的原料是來自外地，例如臺灣東部，那表示是這特殊原料或這摻合原料，或甚至整個的陶器是由外地而來的？在何種情境脈絡下，這原料或陶器被引入了當地？它又是經由何種的社會、經濟交易或互動體系而來的？或是使用者由其原居地帶入的？由於該特殊原料在當地即有，直接就地採擷應當是更為方便與合理的，為何還需要從外地引入？如此刻意地選擇此一特定的原料，必然是一值得重視的現象，但其意義究竟何在？其背後特有的製造技術、經濟和社會脈絡與理念又是為何？以上這些都是極為有趣而待探討的議題。可惜截至目前為止，所出土的陶片樣本皆過於細碎，無法得知器物的完整形制與

功能，也無從進一步瞭解其可能的製作理念。因此，要想探討這些問題，必須先對 F 類陶片的胚體做黏土礦物分析，並與可能地點的原料成分進行比對，以確定其來源，然後分析此類陶土的特性，再對 F 類陶片樣本所代表的陶器製作技術層面做更細微的研究，才能真正得到釐清。

差異分析的結果顯示了陶片樣本的成分在不同的文化期與不同遺址上，具有顯著的差異。這個結果若配合岩象分析所提供的資訊，亦即樣本原料都是來自當地，並且是來自同一地點，那麼極可能顯示了在研究地區內，不同的文化、遺址，在陶土的擷取、處理與陶器製作技術上，仍有其細微層面上的差異，而背後也可能存在著一些與陶器生產有關、複雜而有趣的社會和經濟脈絡現象。另外，鵝鑾鼻第二文化期的陶片樣本的成分特質，在不同的陶片類型上，是有所差異而可被區隔的。換言之，假若如岩象分析結果所指出的，原料來源是相同的，那此文化期在陶器製作上應是技術屬性(例如摻和料的密度、粒徑大小、燒製火候等)形塑了陶器胚體的差異。相反的，在第三／四文化期上，這項關連性就模糊而不明顯；如此就又將此二文化期在製陶技術傳統上的差異，區隔得更加明顯了。

另外，A 類型的陶片（即表面磨光或磨平、且大多施有彩繪的紋飾）與其他類型的陶片在成分上並無差異，原料都是相同的。它們也未與 F 類陶片樣本一同被歸入特殊的小群組中，顯示了陶匠並未特別使用特殊成分的原料，去製作具有彩繪紋飾的陶器；而表面磨光、磨平的技術，也未施用於特殊成分的原料之製作上。G 類樣本是屬於表面有鏽土的陶片，此類樣本也從來沒有被歸入特殊小群組中(F 類樣本群)，它們多與其他大部分的樣本混合在一起。鵝鑾鼻第二文化期出土的陶片，並沒有被歸屬於此類者(未見有鏽土產生)；這是否表示二文化期的遺址坐落地點雖極為相近，甚至或有在同一地點上者（例如鵝鑾鼻第二遺址），但沈積環境 (deposition circumstance) 却可能有所不同？還是因製作技術不同，而使二者也許在同一沈積環境中，卻產生了不同的後沈積現象(post-deposition)？此外，雖然屬於同時期與同一文化傳統，也都埋藏於同一沈積環境下，F 類陶片樣本卻與其他類型不同，並未見有鏽土的產生。這是否表示 F 類在製作的技術上與其他類型有所不同，還是因本身成分性質的不同，而造成了此差異性呢？

化學元素組成成分的差異分析結果，也顯示了樣本的原料來源雖是相同的，但整體樣本的成分另可依不同的遺址而區分開來。同時，叢集分析在 4 與 5 叢集層次的分析上，將部分來自鵝鑾鼻第二遺址與船帆石遺址的樣本獨立出來，構

成獨立的群組。而因素分析也將部分來自鵝鑾鼻第二遺址的樣本獨立出來。此一現象是否顯示了鵝鑾鼻第三／四文化期的陶器製作，在陶土的選取與處理上或其他的製作技術上，除在遺址間有所差異之外，在此二遺址上還有較其他遺址更大的特異性呢？此二遺址的聚落類型性質相同，同樣是坐落在岩蔭、封閉性的地點上。如前所言，第三／四文化期的聚落有二類，而早期的研究初步認為：此二種不同聚落形態的產生，是與人群對當地的地質與地形特性的適應有關，而不是因時間或功能的差異所造成的（陳瑪玲 1999）。但此種詮釋必須由更多的研究與證據來加以檢視與修正。成分分析在陶器製作上所顯示的結果，似乎也提示我們：雖然初步被研究者認為並沒有功能差異的遺址，但卻孕育在同一文化傳統下，共享相似的文化規範，是否可能在其文化和社會的脈絡上，仍然具有細微的差異？尤其在陶器製作所涉及的種種文化和社會層面上？

綜合而言，物理（岩象礦物分析）和化學（酸液萃取法）成分分析所顯示的現象與一些早期研究的成果相同，因而更確立了這些成果的有效性，但同時也揭示了過去研究中未能發現的結果。酸液萃取法所獲得的化學元素組成成分資料，在岩象礦物分析結果的配合下，更細緻地呈現了這些現象。例如鵝鑾鼻第二與第三／四文化期，雖已知在紋飾風格與製作技術上皆有差異，而成分分析卻更加細微地解釋了其差異之處。尤其兩個文化期有可能在某段時間上是重疊的，因此其間涉及的可能的社會互動議題，就更顯得複雜有趣。我們由早期的研究已經得知第三／四文化期的聚落形態是有所差異的；而成分分析所顯示的各遺址間的陶器製作在陶土選取、處理及其他技術上的細微差異，是否暗示著諸如聚落形態的差異及其成因，還有聚落彼此間互動的關係或可能的社群界限等，都是些重要而必須再進一步探討的議題？這些都表示酸液萃取法的成分分析對於陶器製作所涉及的種種技術、社會和經濟脈絡等方面的研究上，在與岩象分析的搭配下，是有其不可忽視的潛力與功效。酸液萃取法在讀取成分結果的精確與有效性，也得到岩象分析結果的佐證。可惜的是，樣本的數量仍有限，也未能獲取陶器功能類型的資訊來加以參考與證明，因此分析結果所呈現的現象有可能因缺乏足夠資料的佐證，而產生錯誤的詮釋，這一點仍然是研究者所必須考量到的。不過，雖然如此，物理和化學成分分析，尤其是酸液萃取法在低人力與經費成本、低樣本消耗量、分析大量樣本的可行性等方面的優勢，顯現了其分析的細微性與有效性的潛力。未來，若能進一步如 Angstadt-Leto 所建議的，配合其他分析方法及綜合各種取向與面向的研究分析，加以輔佐與檢視，當可獲得各種製作體系及與其相關的資訊，進而能探索更多深層的文化

與社會議題。因此，如何取得更大樣本量以確立成分分析的結果，以及如何修正與確立肉眼分類的有效性與意義，以做為更大樣本分類與進階議題探討的基礎，都是筆者下一個研究階段必須致力的目標。

本文所呈現的分析結果，證明了使用同一方法（酸液萃取法）在臺灣本地資料的分析上，也能獲得顯著的功效。這也說明了：一些經多年與多方研究的理論、概念、方法與技術等，可能因區域性資料的差異而必須做一些適當的修飾與調整；但是只要運用得宜，仍可適用於各地區而發揮其成效的。本文所討論與運用的化學成分分析法在研究設計上若能如 Cohen 所建議的，辨識研究地區之陶土採擷的可能地點，採集黏土樣本做成分分析以建立資料庫，測試不同黏土與用其所燒製出的陶器之間的差異，並進行黏土與陶器成分的比對，對本文所研究的地區與所關注時期的陶器製作體系、其原料採擷地的辨識、藝品生產地的認識，以及與其生產技術、制度及脈絡相關的議題，當能有更進階與細微的分析與討論；而這亦將是筆者下一步所欲努力的研究目標。

參考書目

李光周

- 1983 鵝鑾鼻公園考古調查報告。臺北：臺灣大學人類學系。
1985 墾丁國家公園考古調查報告。臺北：臺灣大學人類學系。

黃瑞金

- 1984 鵝鑾鼻半島史前陶業的變遷。臺灣大學人類學研究所碩士論文。

陳瑪玲

- 1999 鵝鑾鼻 III-IV 期文化相的聚落模式與系統。臺灣大學考古人類學刊 54:63-96。

Abbott, D. R.

- 1994 Chemical Analyses of Clay Fractions on Hohokam Pottery. In Ceramics: The Production and Distribution of Pottery in the Central Phoenix Basin. Pueblo Grande Project Vol. 3. D. R. Abbott, ed. Pp. 91-147. Phenix: Soil Systems.

Angstadt-Leto, Eric

- 1994 An Argument of the Use of Acid-Extraction Inductive Coupled Plasma Emission Spectroscopy in Archaeology. M.A. thesis. Arizona State University.

Arnold, Dean E.

- 1985 Man/Land Relationships. In Ceramic Theory and Cultural Process. Dean E. Arnold. Pp. 168-201. Cambridge: Cambridge University Press.

- Arnold, Dean E., et al.
- 1999 Testing Interpretative Assumptions of Neutron Activation Analysis: Contemporary Pottery in Yucatán, 1964–1994. In *Material Meanings: Critical Approaches to the Interpretation of Material Culture*. Elizabeth S. Chilton, ed. Pp. 61–84. Salt Lake City: The University of Utah Press.
- Bishop, R. L., et al.
- 1982 Ceramic Compositional Analysis in Archaeological Perspective. *Advances in Archaeological Method and Theory* 5:275–330.
- Burton, James H., and Arley W. Simon
- 1993 Acid Extraction as a Simple and Inexpensive Method for Compositional Characterization of Archaeological Ceramics. *American Antiquity* 58(1): 45–59.
- 1996 A Pot is Not a Rock: A Reply to Neff, Glascock, Bishop, and Blackman. *American Antiquity* 61(2):405–413.
- Chen, Maa-ling 陳瑪玲
- 1997 Settlement Patterns, Subsistence Systems and Their Changes in Kenting National Park during O-Luan-Pi Phases III and IV. Ph.D. thesis. Department of Anthropology, Arizona State University.
- 1998 What Dating Results Imply: Redefining the Separation of O-Luan-Pi Phase III and Phase IV, and the Potential Relationship between O-Luan-Pi Phase II and Phase III. *The Bulletin of the Department of Archaeology and Anthropology* 53:125–143.
- Chilton, Elizabeth S.
- 1998 The Cultural Origins of Technical Choice: Unraveling Algonquian and Iroquoian Ceramic Traditions in the Northeast. In *The Archaeology of Social Boundaries*. Miriam T. Stark, ed. Pp. 132–160. Washington, DC: Smithsonian Institute Press.
- Cohen, Allison E.
- 1995 Beyond Ceramic Sourcing: Acid-Extraction Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopy and Ceramic Production. M.A. thesis. Department of Anthropology, Arizona State University.
- Dietler, Michael, and Ingrid Herbich
- 1998 Habitus, Techniques, Style: An Integrated Approach to the Social Understanding of Material Culture and Boundaries. In *The Archaeology of Social Boundaries*. Miriam T. Stark, ed. Pp. 233–263. Washington, DC: Smithsonian Institution Press.
- Duff, Andrew L.
- 1993 An Exploration of Post-Chacoan Community Organization through Ceramic Sourcing. M.A. thesis. Department of Anthropology, Arizona State University.
- Emerson, Thomas E., et al.
- 2003 The Sourcing and Interpretation of Cahokia-Style Figurines in the Trans-Mississippi South and Southeast. *American Antiquity* 68(2):287–313.

- Goodby, Robert G.
- 1998 Technological Patterning and Social Boundaries: Ceramic Variability in Southern New England, A.D. 1000-1675. *In* The Archaeology of Social Boundaries. Miriam T. Stark, ed. Pp. 161-182. Washington, DC: Smithsonian Institute Press.
- Lemonnier, Pierre
- 1993 Introduction. *In* Technological Choices: Transformation in Material Cultures since the Neolithic. Pierre Lemonnier, ed. Pp. 1-35. New York: Routledge.
- Mahias, Marie-claude
- 1993 Pottery Techniques in India. *In* Technological Choices. Pierre Lemonnier, ed. Pp. 157-180. New York: Routledge.
- Matson, Frederick R.
- 1981 Archaeological Ceramics and the Physical Sciences: Problem Definition and Results. *Journal of Field Archaeology* 8(4):448-456.
- Neff, Hector, et al.
- 1996 An Assessment of the Acid-Extraction Approach to Compositional Characterization of Archaeological Ceramics. *American Antiquity* 61(2):389-404.
- Peacock, P.D.S.
- 1970 Scientific Analysis of Ancient Ceramics: A Review. *World Archaeology* 1: 379-389.
- Rice, Prudence M.
- 1982 Pottery Production, Pottery Classification, and the Role of Physico-chemical Analyses. *In* Archaeological Ceramics. J. S. Olin and A. D. Franklin, eds. Pp. 45-56. Washington, DC: Smithsonian Institute Press.
- 1987 Pottery Analysis: A Source Book. Chicago: University of Chicago Press.
- Stark, Miriam T.
- 1999 Social Dimension of Technical Choice in Kalinga Traditions. *In* Material Meaning: Critical Approaches to the Interpretation of Material Culture. Elizabeth S. Chilton, ed. Pp. 24-43. Salt Lake City: The University of Utah Press.
- Stark, Miriam T., et al.
- 1995 Compositional Variability in Utitarian Ceramics at a Colonial Period Site. *In* Ceramic Chronology, Technology, and Economics. James M. Heidke and Miriam T. Stark, eds. Pp. 273-296. Roosevelt Community Development Study Anthropology Papers no. 14, vol. 2. Tucson, AZ: Center for Desert Archaeology.
- Stark, Miriam T., Mark D. Elson, and Jeffery J. Clark
- 1998 Social Boundaries and Technical Choices in Tonto Basin Prehistory. *In* The Archaeology of Social Boundaries. Miriam T. Stark, ed. Pp. 208-231. Washington, DC: Smithsonian Institute Press.

Stone, Tammy

- 1992 The Process of Aggregation in the American Southwest: A Case Study from Zuni. Ph.D. thesis. Department of Anthropology, Arizona State University.
- 1994 The Process of Aggregation in the Zuni Region: Reasons and Implications. In *Exploring Social, Political, and Economic Organization in the Zuni Region*. Anthropological Research Papers no. 46. Todd L. Howell and Tammy Stone, eds. Pp. 9-23. Tempe: Arizona State University.

Triadan, Daniela

- 1997 Ceramic Commodities and Common Containers: Production and Distribution of White Mountain Red Ware in the Grasshopper Region, Arizona. Anthropological Papers of the University of Arizona, no. 61. Tucson, AZ: University of Arizona.

Triadan, Daniela, et al.

- 1997 An Evaluation of the Archaeological Relevance of Weak-Acid Extraction ICP: White Mountain Redware as a Case Study. *Journal of Archaeological Science* 24:997-1002.

van der Leeuw, Sander

- 1993 Giving the Potter a Choice: Conceptual Aspects of Pottery Techniques. In *Technological Choices: Transformation in Material Cultures since the Neolithic*. Pierre Lemonnier, ed. Pp. 238-288. New York: Routledge.

Vaugh, Kevin J., and Hector Heff

- 2000 Moving Beyond Iconography: Neutron Activation Analysis of Ceramics from Marcaya, Peru, an Early Nasca Domestic Site. *Journal of Field Archaeology* 27(1):75-90.

Zedeno, Maria N.

- 1994 Sourcing Prehistoric Ceramics at Chodistaas Pueblo, Arizona: The Circulation of People and Pots in the Grasshopper Region. Anthropological Paper no. 58. Tucson, AZ: University of Arizona Press.
- 1995 The Role of Population Movement and Technology Transfer in the Manufacture of Prehistoric Southwestern Ceramics. In *Ceramic Production in the American Southwest*. Barbara J. Mills and Patricia L. Crown, eds. Pp. 115-140. Tucson, AZ: University of Arizona Press.

陳瑪玲

臺灣大學人類學系

10673 臺北市羅斯福路四段 1 號

maalingc@ntu.edu.tw

The Application of Chemical Compositional Analysis in Archaeological Ceramics: A Case Study in Kenting Area

Maa-ling Chen

*Department of Anthropology
National Taiwan University*

The related questions of the organization of craft production, social interaction, local exchange, interregional and long-term social-political affiliation, regional trade and social boundaries have become major interests for archaeologists in recent years. All these approaches would benefit from the compositional analysis of ceramics. In general, the selection and processing of raw materials of ceramics are directly reflected in their compositional data. Compositional analysis distinguishes among sources of raw materials used in pottery manufacturing. Therefore, it helps to recognize which resources were exploited locally and which non-locally, thereby allowing reconstruction of the organization of production and even the identification of some forms of exchange from which raw materials were procured. Moreover, the composition of ceramic paste is in part determined by cultural practices. Therefore, the composition of ceramics does not just indicate the sources of their specific unprocessed geological raw materials , but also reflects the human behaviors involved in paste preparation, mixing of clays, choice of temper, and firing conditions. The purpose of this research project is to apply the acid-extraction chemical method, complemented by a thin-section petrographic study, to the compositional analyses of certain local ceramic collections (mainly from several sites in the southern Taiwan area). The results present the raw materials used in the ceramic manufactures of two cultural traditions (O-laun-pi Phase II and Phase III-IV) that temporally overlapped. These raw materials came from the same sources but were manufactured in different ways. Particularly, the people of O-laun-pi Phase III-IV procured certain materials to make their pots from either local sources or from somewhere in east Taiwan. The results also indicate possible variation in terms of manufacturing technique among sites of the same cultural tradition.

Keywords: archaeological ceramics, compositional analysis,
acid-extraction method, petrographic analysis, Kenting area
