

台灣東海岸四千年前栽培稻的起源 ：矽酸體分析的初步成果

李作婷* 吳意琳** 李匡悌*** 李坤修****

摘要

台灣東海岸地區，由於長久以來的考古調查都沒有出土過大型植物遺留，以石刀、石鏟這類類比民族學而來的史前農耕收穫工具做為穀物農耕存在的參考，據此推測大約在四千年前後，繩紋陶文化時期，開始出現穀物農耕，但是至今仍對史前稻作發展狀況認識有限。然而，對照西海岸的狀況，近年的考古發掘出土了許多碳化米，顯示稻米利用在四千八百年前就已經開始。在此同時，可以看到東海岸的玉流通到西岸，由物質文化流通的觀點來看，東海岸儘管還沒有發現稻米證據，是否可能因此已經傳播了西海岸的稻米而來呢？這個發想，讓我們認為有必要盡快發現東海岸稻米的證據，以及其稻種。臺灣的古稻來源，雖然過去曾從石刀類緣關係指向中國華中史前文化，加上出土的碳化米都偏稈型稻，因此當近年考古資料和分子生物學研究都指向中國長江中下流域可能是稈稻起源地時，臺灣古稻來源第一首選就是中國。但是現在出土的西海岸最古老的大坵坑古稻，粒型偏小、短圓，和中國古稻的演化階段不合。由此來看，臺灣栽培稻起源地的問題，還有許多不同可能性有待討論。而以東海岸而言，是否確實在四千年前出現稻米，首先是一大問題，另外，如果能確定其栽培亞種，很可能也是一個了解來源的關鍵。據此，本研究以台東地區的兩個新石器時代中期(約 4500-3500 年前)的遺址，富山遺址、潮來橋遺址資料為研究對象，利用矽酸體分析法和矽酸體形狀判別，從遺址內採集的土壤樣本中提取出栽培稻扇形矽酸體，並進一步判別其矽酸體形狀值偏稈型稻。此結果揭露出史前東海岸四千年前已有稻米利用與栽培，並且和西海岸偏稈型古稻的狀況不同，可能顯示出東海岸有其不同於西海岸的稻米來源，此結果值得進一步研究與了解。

關鍵詞：矽酸體、稈稻、形狀判別、栽培稻起源、東部繩紋陶文化

* 國立自然科學博物館人類學組研究助理

** 國立臺灣史前文化博物館研究助理

*** 中央研究院歷史語言研究所研究員

**** 國立臺灣史前文化博物館助理研究員

一、前言

台灣東海岸地區，由於長久以來的考古調查都沒有出土過大型植物遺留，對於史前時代的稻作栽培發展狀況認識有限。近年矽酸體分析法的微型植物遺留研究，逐漸在東海岸植物考古方面取得新發現。顯示微型植物遺留研究對於東海岸地區這樣不易保存大型植物遺留的區域，有無限研究可能性。對此，本研究將以台東地區的兩個新石器時代中期(約 4500-3500 年前)的遺址資料為研究對象。利用矽酸體分析法，分析遺址內採集的土壤樣本。期望透過矽酸體分析結果，來探討東海岸史前時代稻作農耕的起源與發展。

二 研究緣起

台灣東海岸地區至少在距今二萬五千年前就有人居住。八仙洞遺址發掘出土的長濱文化揭示出舊石器時代開始，史前人群已經在東海岸過著漁獵、採集生活 (宋文薰 1969 ; 臧振華、陳文山、李匡悌 2013)。而距今約五千年前，出現了不同於舊石器時代生活樣貌的大坵坑文化，有了陶器、打製石斧、磨製石鏃、石針、玉器、網墜等。目前對於這個階段文化的認識仍有限，但是，這個時期並無石刀、石鏃這類推測和穀物農耕相關的石器出現。目前東部最早出現石刀的文化¹，也就是東部的新石器中期-東部繩紋陶文化²，大約距今四千五百年前。是以橙紅色拍印繩紋陶器為主的文化(李坤修、葉美珍 2001)。該時期除了出現石刀和石鏃，石板棺的出現等顯示出不同於前一階段的生活型態。姑且不論石刀是否和穀物農耕相關，然而這個時期確實開始了新的生活型態，並且正是隨著東部繩紋陶文化而發展起來的。

由此觀點來看，東部繩紋陶文化的起源，很可能就是東部穀物農耕的起源。學者認為東部繩紋陶文化可能是來自前一階段大坵坑文化的在地化發展，而東部大坵坑文化，推測是西部大坵坑文化晚期傳播 (李坤修、葉美珍 2001)。儘管目前東部繩紋陶文化和東部的大坵坑文化的關係，以及東部大坵坑文化的來源問題，都還有可以討論的空間³。但是從另一方面，臺灣東部獨有的玉礦，其玉器產品在 4500 年前後已經出現在西海岸史前遺址當中⁴，並且延續到更晚的文化階段以後也持續出現。這些資料現象顯示出東部和西海岸間的史前文化新石器時代以來確實有所交流。如此一來，以物質的流通可能代表了文化的接觸這一觀點來看，同一時期西海岸已經出土了碳化稻米的史前遺址，像是南關里遺址、南關里東遺址、右先方遺址(臧振華、李匡悌、朱正宜、邱鴻霖 2008)、大龍峒遺址(樹谷文化基金會 2012)、安和路遺址(屈慧麗等 2015)等等，在這樣的交流關係下，很有可能將稻米的利用傳播到了東海岸。換句話說，東部稻米的來源，是否和西海岸地區間的交流活動有關?以及稻米利用的起源，是否像西海岸地區一樣，可以上溯到 4000

¹ 參考李坤修、葉美珍 1995 臺東縣卑南鄉富山遺址 1994 年試掘報告。

² 或稱細繩紋陶文化、繩紋紅陶文化。

³ 東海岸大坵坑文化遺址有多處定年資料達 5000B.P.，例如港口遺址 (葉美珍 2003)等。顯示東部大坵坑文化不見得晚都晚於西部。

⁴ 參考臧振華、陳文山、李匡悌 2013:148。

年以前或更早?這是一個令人期待且充滿未知答案的問題。

三、研究主題

缺乏大型植物遺留，以及長期來以石器的民族學類比做出史前農耕推論，是東海岸考古的現況與問題。從台灣考古發掘出土的碳化米資料來看，台灣西南海岸地區，台南的南關里、南關里東遺址距今四千八百年前就出現了碳化米(臧振華、李匡悌 2013)。到了距今一千五百年前，除了東海岸和墾丁地區以外，各地遺址都普遍出土過碳化米。也就是說從碳化米的出土來看，臺灣史前時代稻米的利用，至少在鐵器時代已經在台灣西部、北部、東北部都已經普及。然而，相對於此，東海岸地區遺址的發掘，儘管透過對遺址土壤進行水洗浮選的嘗試，一直以來卻都沒有出土過大型植物遺留。因此在沒有出土相關大型植物遺留的狀況之下，曾經有很長的時間，考古學家依靠出土石器類型的類比來推測穀物農耕的存在。像是石刀，類比民族學上少數民族使用來收穫粟米的鐵製小刀，粟鑿或銓、爪鎌；石鎌則類比收割用的鐮刀等。而石刀和石鎌，是東海岸新石器時代遺址普遍出土的主要石器之一。基於此，考古學家即便沒有獲得大型植物遺留，也據此推測東海岸新石器時代已經有穀類作物的利用。為了突破現況，筆者的博士論文當中，曾經發表了膽曼遺址土壤中取得稻屬矽酸體的結果(李作婷 2010)。這表明了東海岸史前遺址當中，肉眼看不見的微型植物遺留，還是可能讓史前稻米利用有跡可循。2013年臺大人類所碩士班康芸甯作了卑南遺址的卑南文化層土壤和陶片矽酸體分析(康芸甯 2013)。不但從陶片、土壤中發現稻屬矽酸體，也從形狀測定得到屬於秈稻的判定值。這些成果，指出了東海岸新石器時代也和其他地區一樣開始了稻作的可能性。甚至新石器時代晚期已經出現秈稻。

關於臺灣史前時代稻米的來源問題，一般從幾個面向來看。其一是從類比農耕用石器的文化類緣關係。也就是從台灣史前農耕石器和其他地區史前農耕石器的類緣關係來探討。這類研究當中，主要認為中國大陸是台灣史前穀物農耕工具的一個可能來源，因此穀物農耕也由此而來。石刀、石鎌是臺灣常被當成穀物農耕工具的史前石器之一⁵。張光直(1954)和國分直一(1959)研究台灣的石刀，都指出其源流來自中國。張光直認為是和中國華北史前文化間有所接觸才傳入的。國分直一則認為台灣的石刀各類型儘管可以和中國北方的石刀系統相關聯，但是同時期多類型混合出現的現象，和龍山文化類似，推測是龍山文化系統石刀南傳東南沿海地區後的文化末流，再輾轉傳到台灣而來。而他也認為與此相關的中國稻米文化，也隨之傳入台灣。之後，Kwang-chih Chang(張光直)(1969)發掘鳳鼻頭遺址和大坵坑遺址，確認出他所分類的長方形和半月形(直刃弧背)石刀是出自牛稠子文化墾丁類型層位，而他認為這個文化層及上層的大湖文化層，都屬於龍山文化形成期文化圈影響的表現。在南關里東遺址大坵坑文化層發掘出石刀⁶之前，這時期也是台灣學界一般推測的史前稻作出現的上限。

⁵ 安志敏(1955)曾探討了中國的石刀、石鎌類型的演變與源流，文中指出這類工具和穀物農耕有關。最早的石刀和粟栽培相關，石鎌出現可能和稻栽培相關。

⁶ 根據報告書，南關里東遺址出土了長方形和近半月形石刀(臧振華、李匡悌 2013)。

論證台灣稻米起源的另一面向，是從亞洲栽培稻的起源來看，特別是稞稻亞種的起源。關於亞洲栽培稻(*oryza sativa*)的起源，爭論的不外乎一元起源和二元起源。另外，則是隨之而起的起源地的爭論。一元起源指的是栽培稻的稞稻亞種(*o.sativa japonica*)和秈稻亞種(*o.sativa indica*)起源自同一種野生稻。二元起源指的是稞稻亞種和秈稻亞種分別起源自不同野生稻。起源地爭論也從印度阿薩姆地區轉移到中國南方，或是也曾經有將起源區域含括兩者的模糊說法。栽培稻起源的相關證據其一是從古老栽培稻的出土資料來看，其二是從稻屬的生物學研究成果來看。

在二十世紀 60 年代以前，古稻資料多半在印度等南亞一帶出土。像是 Chopani-Mando 的稻殼印痕等，但是由於有年代測定上的問題，以至於這些古稻資料的古老性受到質疑 (Bellwood 2004)，並很快的被中國各地後來發掘出土的碳化米資料湮沒了。目前栽培稻最古老的資料集中在中國，碳化米、稻屬矽酸體資料上溯至一萬多年前。相對於此，東南亞的古稻資料多半晚於 4500 年前。另一方面，從稻屬的生物學研究方面，70、80 年代以農藝學、遺傳學為中心的研究指出，栽培稻的兩個亞種皆源自多年生普通野生稻 (*o.rufipogon*) 演化出來的一年生野生稻 *o.nivara* (星川清親 1975)，起源地推測在稻屬遺傳因子多樣性最豐富的印度，認為是先演化出栽培秈稻，北傳後演化出栽培稞稻 (Chang 1976)。隨著分子生物學加入論戰當中，90 年代的研究，指出普通野生稻當中，原本就存在稞稻分化 (Second 1982、1985)，這也就是說，秈稻和稞稻不一定要在同一地區起源。甚至 Second(1985)更指出稞稻當中的葉綠體 DNA 只存在在中國的普通野生稻當中。這個結果暗示了稞稻可能起源自中國，進而引起了秈稻和稞稻各自起源自印度和中國的二元起源的討論 (佐藤洋一郎、藤原宏志 1992；Londo et al. 2006)。在此同時，佐藤等人指出為了證實長江流域為栽培稻起源地，發現史前野生稻存在是不可或缺的資料，因而開啟了野生稻鑑別法的研究。中國出土的古稻資料，也跳脫了以往只從爭議性較多的粒型分析所判定的秈稻亞種作出的結果，更從小穗軸、矽酸體、DNA 等多方面的分析入手，最終除了確認中國長江流域一帶古稻多屬稞型稻之外，更從觀察碳化稻穀小穗軸特徵得知，河姆渡文化在 7000-9000 年前就有稞稻型和野生稻型小穗軸特徵的古稻存在 (鄭雲飛、孫國平、陳旭高 2007)。無形之中與分子生物學的研究成果相呼應，中國長江流域中下游一帶作為稞稻起源地的說法也呼之欲出。另一方面，受到栽培稻二元起源論的影響，另一種以中國為栽培稻起源地的一元論被提出，指出栽培稻只起源了一次，在中國南方演化出稞稻，之後南傳時基因滲入發展出秈稻 (Molina et al. 2011)。2012 年 Pu Huang 等學者們 (Huang et al. 2012) 更指出秈稻和分布在南中國及中南半島的普野最為相近。這些論述，不只認為栽培稻是一次起源，更認為中國是栽培稻唯一起源地。而類似的論點，最近部分二元起源論者也在指出秈、稞稻各自起源自不同的普野的同時，暗示南中國具備多樣性野生稻資源，可能是栽培稻起源地 (Wei et al. 2012)。由以上論述來看，目前栽培稻的起源地從考古出土的古稻資料和生物遺傳學資料都指向中國南方，特別是稞稻。

至於臺灣方面的出土古稻資料，從碳化米的粒型分析資料上，台南和臺中古稻粒型分析結果 (王映皓等 2006；王映皓 2007) 指出，臺南地區從大坌坑文化時期就以稞型稻為主，秈型稻在牛稠子文化以後逐漸增加，稻米粒型長寬比值從 1.65，到蔦松文化稻米

長寬比值 2.14，逐漸增大。臺中的番仔園文化稻米則有惠來里遺址可分出有細長和短圓兩群稻米，晚期的南勢坑遺址稻米以短圓型為主。芝山岩文化芝山岩遺址也進一步從穎殼雙峰乳突判定為粳型稻，和之前發掘報告（黃士強 1982）中的粒型判定結果相同。另外圓山文化圓山遺址（黃士強、劉益昌、楊鳳屏 1999）蔦松文化石橋遺址（彭佳鴻 2010）的稻米也同樣判定以粳型為主。另外，稻印痕資料方面，營埔文化營埔遺址出土的被認為是粳稻（宋文薰 1980），鎖港遺址（Tsang 1992）、墾丁遺址（Li 1983）出土者被認為是秈稻。而筆者博士論文（李作婷，2010）中所作的矽酸體分析結果，包括石橋遺址（西南部）、芝山岩遺址（北部）則是得到粳稻的判別值。根據目前資料來看，臺灣古稻，特別是西海岸為中心，可說是以粳型稻為主，甚至大坵坑文化時期僅有粳型稻，可能的秈型稻是在繩紋紅陶文化以後才出現。則臺灣這樣古老的粳稻，最接近也最可能的來源，很可能就是栽培稻起源地的中國。然而對此王映皓等人（王映皓等 2006、王映皓 2007）曾指出，進一步從南關里東遺址的小粒型古稻來看，由於和中國長江中下游出現的古粳稻粒型有所不同，加上台灣也有原生野生稻分布，因此除了推測來源地可能不是長江流域之外，也不排除台灣史前稻米起源受到本土野生稻影響的可能。再者，反觀中國方面，東南地區出土古稻資料也還有限，而西南地區過去出土古稻資料雖然不少，也被觀察到有不同於長江流域的稻型，顯示長江流域的古粳稻作為作為早期粳稻唯一代表類型實則仍有檢討空間（李作婷 2010）。換句話說，以上這些資料，對於支持中國長江流域作為其他區域，像是臺灣史前稻米唯一的可能來源地，仍有諸多可以探討之處。那麼，在台灣東海岸也同樣如此。儘管東西海岸地區物質文化上有所交流，東海岸目前是否有早於西海岸的新石器時代文化在定年資料上仍有保留，然而東海岸有古老的長濱文化，人類活動紀錄如此古老。究竟是否東岸的稻米農耕是西海岸稻米傳播而來？或是東海岸有獨自的稻米來源？都值得深入研究。

透過對這個議題的探討，我們可以更了解東海岸史前時代稻米農耕的起源，也可以進一步了解台灣東西岸史前文化的交流關係。甚至對台灣史前時代整體稻米農耕的發展過程，有更多層次的認識。這就是本論研究的主題。

四、研究目的與方法

(一)研究目的

基於前述的論點，本文主要論述的是台灣東部史前稻米的起源。如果繩紋陶文化階段和西海岸已經出現稻米利用的史前人群有所接觸，則東部很可能在四千年前也開始有稻米利用，且以稷稻為主的可能性大。那麼東海岸卑南文化檢視出的秈稻，究竟代表甚麼意義？其來源又是如何？卑南文化以前是否已經有稻米利用？這幾點，就是本論研究目的所要檢證的。

(二)研究方法

為了解決上述的問題，針對兩個細繩紋陶文化遺址採用了分析遺址土壤中的微型植物遺留的方法。也就是以分析植物矽酸體為主。植物矽酸體分析法，是透過分析植物殘留在土壤中的細胞型態微化石，來推測原生存的植物種類與組成，藉以推測遺址的古植物環境。以此資料，可以推測古環境的變遷、農耕活動，與可能的植物利用與飲食習慣等。

由於植物矽酸體來源自植物細胞，為細胞壁的結晶物，成分以二氧化矽為主。由於植物的某些特定細胞因科屬種而有所差異，因此有很多植物所產生的矽酸體，其型態有明顯特徵可以和其他科屬植物區別開來。根據這點，就可以藉由矽酸體推測原來源植物的種屬。加上其性質也耐風化、抗高溫，在穩定埋藏於土壤的狀況下，可以長久保存。植物當中又以禾本科產生最多矽酸體。其中的稻屬(*oryza*)植物會產生多種具特徵矽酸體。包括 Piperno 等人分析的短細胞矽酸體 (Piperno 2006)，藤原宏志分析的泡狀細胞⁷矽酸體 (藤原宏志、佐佐木章 1978)，趙志軍等人分析的稻穎殼上雙峰型矽酸體 (Zhao et al. 1998) 等。本論中採用泡狀細胞矽酸體為分析對象，除了因為其型體有 50-60um 大小，較易觀察之外，且有具特徵的扇型型態，可和其他禾本科植物泡狀細胞矽酸體區別 (藤原宏志 1976a、1976b、1979；杉山真二、藤原宏志 1986；杉山真二、松田隆二)。再者，泡狀細胞是來自於植物葉片葉脈上的細胞，比起稻穀穎殼，葉片細胞的出現更能說明該植株在地生長，甚至種植的意義。

另一方面，栽培稻泡狀細胞在秈和稷亞種之間，形狀有明顯差異。可能因為是和調節水分傳輸相關功能的細胞，而這兩亞種原本就在葉型和水分環境適應上不同。故有此差異。根據藤原、佐佐木(1978)研究指出，稷稻的泡狀細胞形狀相較於秈稻的，扇柄部較長，扇弧處較短(圖 1-a)。稷稻的泡狀細胞扇柄部較短，扇弧處較長(圖 1-b)。整體相較而言，稷稻的厚度較大，型體較大，秈稻的則厚度薄、型體較小。這些特性，讓稻屬泡狀

⁷ Motor cell，也稱機動細胞。

細胞矽酸體除了可以區別於其他禾本科，也可區分其中的秈與粳稻亞種。近年的研究，更提出了從扇弧頂的魚鱗紋樣，甚至其密度，可以區分出栽培稻和野生稻。(陳有貝 2006; Huan et al. 2015)。

此外，藤原等人更進一步利用亞洲各地方 99 種栽培稻泡狀細胞的扇形矽酸體，對其型態數值進行判別分析(Discriminant Analysis)，從而推算出秈(*Oryza sativa Indica*)與粳(*Oryza sativa Japonica*)亞種的判別式與判別值 (Udatsu and Fujiwara 1993)。利用這項成果，王才林、宇田津徹朗等人(1994)分析出中國草鞋山遺址的古水稻為粳稻。而中國學者也利用古稻葉綠體 DNA 分析結果來對照這個泡狀細胞亞種判別式的結果，得到了相當正面肯定的結果 (湯陵華等 1999)。

本論中將利用矽酸體分析的定性分析，鑑別各土壤樣本中是否有稻屬矽酸體。並且將對檢出的稻屬矽酸體進行亞種判別式分析，計算其判別值。以推測其亞種。

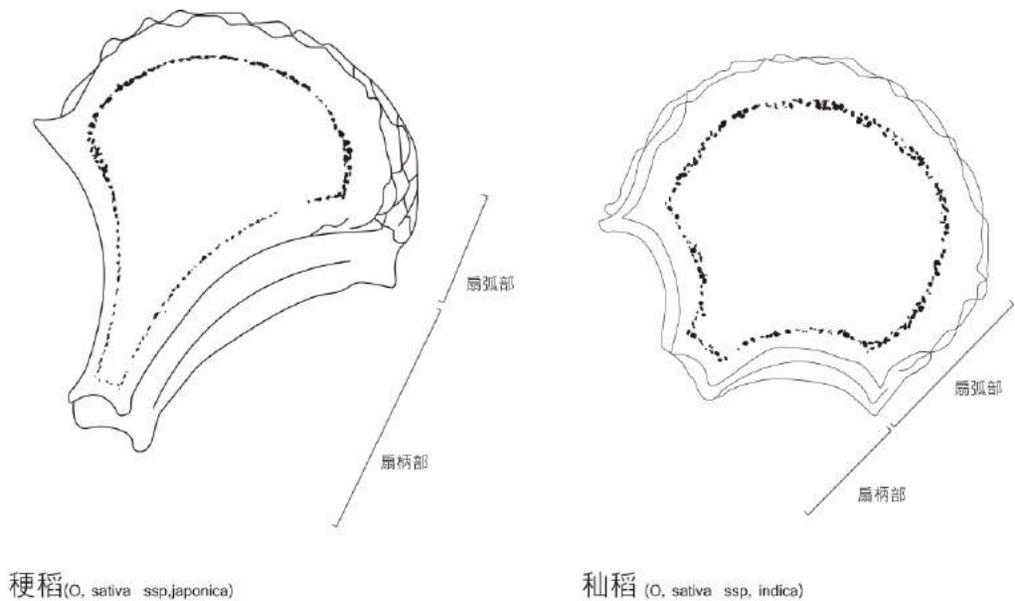


圖 1：栽培稻粳、秈亞種泡狀細胞矽酸體型態差異說明圖 (改繪自藤原宏志、佐佐木章 1978)

三、樣本與實驗步驟

(一) 富山遺址樣本

本次分析富山遺址樣本三件，取自李坤修、葉美珍 1994 年發掘當中的 T1P10 探坑⁸。富山遺址 1994 年的發掘，曾取了數個探坑的界牆土，做花粉分析用。T1P10 探坑的取樣從地表到地表下 80 公分。每十公分取一次樣。裝在夾鍊袋中，封存至今。該探坑文化層層位代號 IV，深度距地表-30~50 公分(圖 3)。在距地表-50~60cm 的文化層底層，仍含有陶。本次分析選取採自文化層的三個樣本(圖 3 紅色 X 處)。編代號為 FS0110-4~FS0110-6。取樣位置圖如圖 3。該圖重繪自當年發掘時所繪製之界牆圖。富山遺址的年代，推測在 4000~3500B.P.之間⁹。

(二) 潮來橋遺址樣本

潮來橋遺址樣本，來自吳意琳 2013 年的發掘¹⁰。潮來橋遺址為一細繩紋陶文化遺址。該探坑位在道路邊坡上，層位 N25 以下都出土細繩紋紅陶遺物(圖 4)。主要為一重覆堆積打破的灰坑現象。分析樣本採自灰坑現象中的 N5 和 N19 層(圖 4 紅色 X 處)。編代號各為:CL02-1、CL02-2。N5 層定年資料為 3980B.P。

(三) 實驗步驟

1. 量取 1g 土樣，加入六偏磷酸鈉(Sodium Hexametaphosphate, NACALAI TESQUE INC, 5%)。
2. 放入超音波洗淨機(DELTA-DC200H, 200W/25KHZ)，震盪 20 分鐘。
3. 取出後各加入純水至 10cm 高，靜置 60 分鐘。倒掉上清液。再加純水 10cm 高。靜置 60 分鐘。此步驟重複 7-8 次，去除 5 μ m 以下粒子。
4. 殘餘樣本以 53 μ m /270mesh 網布過濾。去除大於 50 μ m 粒子。
5. 100ml 燒杯中加入 5cm 高純水，靜置 3 分鐘後倒除上清液。第二次再注入純水 5cm 高，靜置 2 分 20 秒後，倒除上清液。重複數次，直到上清液澄澈。此步驟分離出 20-50 μ m 粒子
6. 倒出的上層清液需集中倒入另一個 500ml 燒杯。待沉澱後倒除上液。此步驟分離出 5-20 μ m 粒子。

⁸ 李坤修、葉美珍 1995，臺東縣卑南鄉富山遺址 1994 年試掘報告，通訊 5:33-94，台東:國立臺灣史前文化博物館籌備處。

⁹ 「富山遺址的年代，曾有四個碳十四年代資料。分別是 7267±81B.P.、6500±91B.P.、4580±50B.P.、3870±40B.P.。前兩者用人骨和魚骨…後兩者用貝殼、珊瑚所做定年……。研究者認為後兩者為接受度較高的繩紋陶文化年代，故推測富山遺址文化層年代在 4000~3500B.P.之間(劉益昌 2000:145)」(李坤修、葉美珍 2001:75)。

¹⁰ 由吳意琳進行中博士論文資料提供。共做了十筆碳十四定年，文化層相關結果為 2550-1950B.C.之間。

7. 各樣本移到 16x100mm 離心管中。離心(5min/2000rpm)、去除上清液。
8. 加入 30%雙氧水(H₂O₂),靜置 8 小時以上。去除有機物。之後離心(5min/2000rpm),再加純水清洗、離心。
9. 加入 10%稀鹽酸(HCL),靜置 1~3 小時,之後離心(5min/2000rpm),再加純水清洗、離心。
10. 各樣本加入適量碘化鉍鉀重液(CdI₂/KI)。搖晃混和均勻後。放入離心機,以 10min/3000rpm 離心。
11. 第一次離心後,以巴斯特滴管吸取上層懸浮殘餘物到另一乾淨離心管中。接著將原液再次混合均勻後,離心第二次。同樣將上層懸浮殘餘物吸取出來。
12. 將裝有懸浮殘餘物的離心管加入純水,比例 2.5:1(純水:重液)。降低重液比重,使懸浮殘餘物(矽酸體)沉底。
13. 混和均勻後放入離心機,10min/2500rpm 離心後,倒掉上層溶液。再次加入殘餘液 2.5 倍的純水。再次離心。
14. 最後加入丙酮,混和均勻後,以 5min/2000rpm 離心後,倒掉上液。此步驟重複兩次,可加速殘餘樣本乾燥。或者也可用 60 度低溫烘乾樣本。
15. 使用光學顯微鏡,以 200 倍到 400 倍進行觀察拍攝。

四、分析結果

(一) 定性分析

1、富山遺址

三個樣本中,觀察到禾本科扇型矽酸體。檢出稻屬(*oryza*)矽酸體的樣本為 FS0110-5(-40~50cm)和 FS0110-6(-50~60cm)(圖版 1~圖版 2)。除了稻屬扇形矽酸體之外,FS0110-6 也檢視出稻屬穎殼的雙峰型矽酸體(圖版 3)。另外也觀察到多種蜀黍族(*Andropogon*)矽酸體(圖版 4~圖版 6)。

2、潮來橋遺址

兩個樣本當中,都觀察到豐富的矽酸體。檢出稻屬(*oryza*)扇型和雙峰型矽酸體(圖版 7~圖版 10)。也有短細胞啞鈴型矽酸體(圖版 18)。另外也檢視出其他禾本科的穎果表皮細酸體(圖版 11),短細胞細酸體(圖版 12)、扇型矽酸體(圖版 14、圖版 15)。也觀察到美人蕉屬矽酸體(圖版 13)、疑似葫蘆科毛細胞矽酸體(圖版 17)。圖版 16 出現的矽質海綿骨針,常出現在近海堆積層中。

(二) 栽培稻矽酸體的亞種推測

亞種判別的方式,是利用扇形矽酸體型態的長(VL)、寬(HL)、扇形頭長(b)、厚(LL)

等數值，以回歸分析推演出的判別式進行判別。此判別式是由藤原宏志研究團隊，透過分析亞洲各地 99 種栽培稻的扇形矽酸體形狀值後，所建立的判別式。經驗證結果，確率可達 86%。判別式 Z 如下，判別值大於 0，推測屬於粳稻 *Oryza sativa ssp. Japonica*，判別值在 0 以下，推測屬於秈稻 *Oryza sativa ssp. Indica*。而判別值大於 2.0，且縱長在 40 μm 以上，可能為熱帶粳稻 *Oryza sativa ssp. Javanica* (宇田津徹朗、藤原宏志、橋本將幸 2006)。

$$Z=0.04947VL-0.02951HL+0.357LL-3.815b/a-8.9561$$

$$Z<0 \text{ Indica}, Z \geq 0 \text{ Japonica}$$

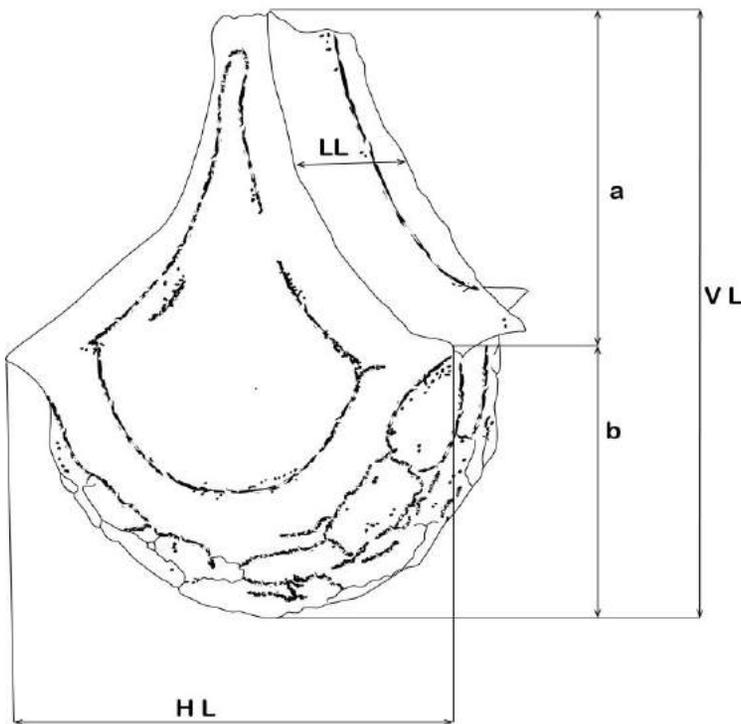


圖 2：栽培稻泡狀細胞矽酸體型態測量 (重繪自宇田津徹朗, 2003)

1、富山遺址樣本的稻屬扇形矽酸體判別結果，偏秈稻值。

	縱長	橫長	b	側長	b/a	判別得點
1	40.38	32.44	22.51	23.53	1.26	-0.38
2	33.59	36.55	19.35	16.16	1.36	-6.35
3	46.18	41.46	21.71	14.63	0.89	-0.07

2、潮來橋遺址 N19 層樣本稻屬扇形矽酸體判別結果，因為未測得厚度值，判別值仍需探討。

	縱長	橫長	b	側長	b/a	判別得點
1	43.39	34.82	18.53	0.00	0.75	-0.96
2	63.73	56.48	22.52	0.00	0.55	3.28
3	32.88	26.30	14.43	0.00	0.78	-3.69

3、潮來橋遺址 N5 層樣本稻屬扇形矽酸體，目前僅測得一個，判別結果大於 0。

	縱長	橫長	b	側長	b/a	判別得點
1	34.08	28.98	11.56	29.04	0.51	1.19

五、小結

(一) 東海岸四千年前已有稻米栽培

兩組樣本中，都發現有栽培稻屬 *Oryza sativa* 的扇形矽酸體(圖 1~3)，與雙峰型矽酸體(圖 4)。由於扇型矽酸體是來自於稻葉上的機動細胞(或稱泡狀細胞)，雙峰型矽酸體來自稻殼，因此這個結果，顯示出稻葉和稻殼都存在在富山遺址和潮來橋遺址中。據此推測，在四千年前開始，東海岸已經有稻米的利用甚至是種植。

(二) 秈稻在四千年前已經出現在台灣東海岸

秈稻和粳稻作為亞洲栽培稻的兩個亞種，其起源一直多所爭議。但是秈稻的起源，不論是一元論或二元論，目前都認為晚於粳稻。Jeanmaire Molina 等人(2011)指出可能來自粳稻在中國南方出現以後，隨著其往南傳播的途中，與野生稻雜交後產生的，將近到 3900 年前左右才出現。若真是如此，是否表示秈稻不一定只能在單一地點產生，特別像是台灣東海岸這樣環境孤立而且也可能有野生稻分布的地區，史前秈稻很可能是在這樣的脈絡而來。以目前在西海岸和北海岸所見碳化米粒型和矽酸體分析以粳稻為主，秈型稻出現較晚的狀況下，東海岸繩紋陶文化的秈稻除了可能是本地演化出來的，又或者是從其他地區的秈稻來源地直接傳過來而不是從台灣北部或西部?這些，都是今後必須繼續檢證的。在台灣，秈稻被認為大約是在 17 世紀以後，才從中國南方和東南亞，首先引進西海岸一帶種植。也就是其種源應該屬於中國秈稻或東南亞秈稻。如今，秈稻在台灣歷史溯至四千年前，從台灣栽培稻起源方面來看，意義在於，東海岸栽培稻來源可能有不同於西海岸的發展起源。包括原生稻種存在的可能性。而從亞洲栽培稻起源方面來看，台灣東海岸有作為秈稻起源地的可能性的話，也同樣意義非凡。另外，從台灣史前文化的發展起源來看，東海岸繩紋陶文化甚至更早以前的大坌坑文化階段，除了關注和西海岸文化間的相似性，其他文化來源的影響，也值得思考。

六、問題與展望

這次的分析成果，再次提示了台灣史前稻米栽培的起源多元的可能性。對於東海岸史前文化發展過程，在關注西海岸大坌坑文化、繩紋紅陶文化特徵的影響同時，也不能忽略了本地原生文化深度的潛力。像是西海岸地區新石器時代中期以後出現比例越來越高的長粒型稻米，也有可能是東海岸的籼型稻傳播過去。未來這類分析研究，對於整體認識台灣稻作文化來源是不可或缺的，以及另一方面對於亞洲栽培稻起源研究等，也可能隱含了重要的資訊。

最後，本論中關於稻屬矽酸體亞種判別的結果，雖然測量樣本值還不足，更多的樣本分析將會持續進行。另外針對台灣東北部及南部地區的矽酸體資料分析，西海岸碳化米和印痕中，可能的籼型稻資料的分析，都將是今後研究的重點。

致謝

感謝提供分析資料以及一路支持我們研究的各位研究夥伴和老師。感謝提供許多寶貴及重要意見的審查委員們。感謝演講中與談並給予寶貴意見的台大人類系陳有貝教授，與會者的提問與意見。感謝史前館安排了一次演講，讓筆者能更認清研究問題與目標。

參考文獻

王映皓

2007 〈台灣出土古稻米粒的初步研究〉。國立台灣大學生物資源暨農學院農藝學系碩士論文。

王映皓、朱正宜、李匡悌、臧振華、屈慧麗、何傳坤、邢禹依、謝兆樞

2006 〈台灣出土古稻的初步研究〉。宣讀於《2005年台灣考古工作會報報告集 18》。台東：國立台灣史前文化博物館。

安志敏

1955 〈中國古代的石刀〉，《考古學報》，(10):27-51。

宋文薰

1969 〈長濱文化-臺灣首次發現的先陶文化(簡報)〉，《中國民族學通訊》9: 1-27。

1980 〈由考古學看台灣〉。收錄於宋文薰主編《中國的台灣》，頁 115-126。台北：中央文物供應社。

李坤修、葉美珍

1995 〈臺東縣卑南鄉富山遺址 1994 年試掘報告〉，《國立臺灣史前文化博物館籌備處通訊》5: 33-94。

2001 〈臺灣縣史·史前篇〉。臺東：臺東縣政府。

屈慧麗、閻玲達、張綵驊、王維安、陳曉萱

2015 〈台中市安和路遺址發掘報告〉。收錄於《2014 年度臺灣考古工作會報會議論文集》，頁 265-317。臺北：中研院史語所。

張光直

1954 〈台灣的史前遺物(一)石刀形制之分類及其系統〉，《公論報副刊：台灣風土》，(161):248-250。

陳有貝

- 2006 〈大坌坑的生業模式探討－陶片矽酸體分析方法的嘗試〉，《台灣大學考古人類學刊》66:125-154。

康芸甯

- 2013 〈以植物矽酸體分析和陶器壓痕翻模法探討卑南遺址的植物遺留〉。國立台灣大學人類學系碩士論文。

彭佳鴻

- 2010 〈從植物遺留談古環境重建嶼植物利用以台南縣石橋遺址之蔦松文化為例〉。國立台灣大學人類學系碩士論文。

湯陵華、佐藤洋一郎、宇田津徹朗、孫加祥

- 1999 〈中國草鞋山遺址古代稻種類型〉，《江蘇農業學報》15(4):193-197。

黃士強

- 1982 《臺北芝山巖遺址發掘報告》。臺北：台北市文獻委員會。

黃士強、劉益昌、楊鳳屏

- 1999 《圓山遺址史蹟公園範圍園區考古發掘研究計畫》。臺北市兒童育樂中心委託國立台大人類系之研究計畫報告。

葉美珍

- 2003 〈港口遺址繩紋陶文化之研究〉。收錄在謝繼昌主編《台灣史前史與民族學研究新趨勢：慶祝宋文薰教授八秩華誕學術研討會》，頁 8.1-8.39。臺北：國立台灣大學人類學系。

鄭雲飛、孫國平、陳旭高

- 2007 〈7000年前考古遺址出土稻穀的小穗軸特徵〉，《科學通報》52(9):1037-1041。

臧振華、李匡悌

- 2013 《南科的古文明》。臺東：國立臺灣史前文化博物館。

臧振華、李匡悌、朱正宜、邱鴻霖

2008 《臺南科學園區搶救考古出土遺存整理分析計畫-右先方遺址考古發掘報告》。
國科會委託中央研究院歷史語言研究所之研究計畫報告。

臧振華、陳文山、李匡悌

2013 《臺東縣長濱鄉八仙洞遺址調查研究計畫（第三年）研究報告》。臺東縣政府
委託中央研究院歷史語言研究所之研究計畫報告。

劉益昌

2000 〈東部地區史前文化層序之檢討〉，《台東縣後山文化學術研討會論文集》。台
東：台東縣文化局。

樹谷文化基金會

2012 《大龍峒遺址搶救發掘及施工監看計畫期中報告》。台北市文化局委託樹谷文
化基金會之研究計畫報告。

王才林、宇田津徹朗、佐佐木章、湯陵華、藤原宏志

1994 〈中国草鞋山遺跡における古代水田址調査（第2報）—遺跡土壤における
プラント・オパール分析—〉，《考古学と自然科学—日本文化財科学会誌》
(30):37-52。

宇田津徹朗

2003 〈プラント・オパール分析〉。收錄於松井章主編《環境考古学マニュアル》，
頁 138-146。同成社。

宇田津徹朗、藤原宏志、橋本将幸

2006 〈坂元遺跡のプラント・オパール形状分析〉。收錄於『坂元 A 遺跡・坂元 B
遺跡』都城市文化財調査報告書第 71 集，頁 89-95。宮崎県都城市教育委
員会。

李作婷

- 2010 〈台湾先史社会における稲作農耕の展開に関する研究-プラント・オパールと石製収穫具を中心に-〉。国立九州大學比較社會文化學府博士論文。

佐藤洋一郎、藤原宏志

- 1992 〈イネの発祥中心はどこか〉、《東南アジア研究》30(1):59-68。

杉山真二、松田隆二、藤原宏志

- 1988 〈機動細胞珪酸体の形態によるキビ族植物の同定とその応用〉、《考古学と自然科学》20:81-92。

杉山真二、藤原宏志

- 1986 〈機動細胞珪酸体の形態によるタケ亞科植物の同定—古環境推定の基礎資料として—〉、《考古学と自然科学》19:69-84。

国分直一

- 1959 〈台湾先史時代の石刀—石庖丁、石鎌および有柄石刀について—〉、《民族学研究》23(4):261-298。

星川清親

- 1975 《イネの生長：解剖図説》。東京：農山漁村文化協会。

藤原宏志

- 1976a 〈プラント・オパール分析による古代栽培植物遺物の探索〉、東京：日本考古學會、《考古学雑誌》66(2):54-62。
- 1976b 〈プラント・オパール分析法の基礎的研究（1）—数種イネ科植物の珪酸体標本と定量分析法〉、《考古学と自然科学》9:15-29。
- 1979 〈プラント・オパール分析法の基礎的研究（3）—福岡：板付遺跡（夜臼式）水田および群馬：日高遺跡（弥生時代）水田におけるイネ（*O.sativa*.L）生産総量の推定—〉、《考古学と自然科学》12:29-42。

藤原宏志、佐佐木章

- 1978 〈プラント・オパール分析法の基礎的研究(2) —イネ (*Oryza*) 属植物における機動細胞珪酸体の形状〉, 《考古学と自然科学》 11:9-20。

藤原宏志、佐佐木章、末吉孝行

- 1975 〈熊本・上ノ原遺跡(縄文晩期初頭) 土壌の Plant opal 分析〉, 《日本作物学会九州支部会報》 42:49-53。

Bellwood, Peter

- 2004 *First Farmers: The Origins of Agriculture Societies*. Hoboken, New Jersey: Blackwell Publishing Ltd.

Chang, Kwang-chih.

- 1969 *Fenpitou, Tapenkeng, and the Prehistory of Taiwan*. Department of Anthropology Yale University: New Haven.

Chang, Te-Tzu

- 1976 *The origin, Evolution, Cultivation, and Diversification of Asian and African Rices*. *Euphytica* 25:425-441.

Dolores, R. Piperno

- 2006 *Phytoliths: A comprehensive guide for Archaeologists and Paleoecologists*. Lanham MD of USA: AltaMira press.

Hung, Pu with Jeanmaire Molina, Jonathan M. Flowers and Samara Rubinstein

- 2012 *Phylogeography of Asian wild rice, *Oryza rufipogon*: a genome-wide view*. *Molecular Ecology* 21(18):4593-4604.

Huan, Xiujia with Houyuan Lu, Can Wang, Xiangang Tang, Xinxin Zuo, Yong Ge and Keyang He

- 2015 *Bulliform Phytolith Research in Wild and Domesticated Rice Paddy Soil in South China*, 「PLOS ONE」, <http://www.plosone.org>, 10(10).

Londo, Jason P. , Yu-Chung Chiang, Kuo-Hsiang Hung and Barbara A. Schaal

- 2006 Phylogeography of Asian wild rice, *Oryza rufipogon*, reveals multiple independent domestications of cultivated rice, *Oryza sativa*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.103(25):9578–9583.

Li, Kuang-Chou

- 1983 Problems raised by the K'en-ting excavation of 1977 . Bulletin of the Department of Anthropology of National Taiwan University 43:86-116.

Molina, Jeanmaire with Martin Sikora, Nandita Garud, Jonathan M. Flowers, Samara Rubinstein, Andy Reynolds, Pu Huang, Scott Jackson, Barbara A. Schaal, Carlos D. Bustamante, Adam R. Boyko and Michael D. Purugganan

- 2011 Molecular evidence for a single evolutionary origin of domesticated rice . Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 108(20):8351-8356.

Second, Gerard

- 1982 Origin of genic diversity of cultivated rice(*Oryza* spp.):study of polymorphism scored at 40 isozyme loci.The Japanese journal of genetics 57:25-57.
1985 Evolutionary relationships in the Sativa group of *Oryza* based on isozyme data. Genet Sel Evol17(1):89–114.

Tsang, Cheng-hwa

- 1992 Archaeology of the P'ENG-HU ISLANDS. Institute of History and Philology Academia Sinica Special Publication, Number.95. Taipei: Academia Sinica.

Udatsu, T. and H. Fujiwara

- 1993 Application of the discriminant function to subspecies of rice(*Oryza sativa*) using the shape of motor cell silica body.Ethnobotany (5):107-116.

Wei, Xin with Rongsheng Wang, Lirong Cao, Nannan Yuan, Juan Huang, Weihua Qiao, Wanxia Zhang, Hanlai Zeng and Qingwen Yang

2012 Origin of *Oryza sativa* in China Inferred by Nucleotide Polymorphisms of Organelle DNA . 「PLOS ONE」 ,<http://www.plosone.org>, 7(11):1-9.

Zhao, Zhijun with Deborah M. Pearsall, Jr. Benfer, Robert A. and Dolores R. Piperno

1998 Distinguishing rice (*Oryza sativa* Poaceae) from wild *Oryza* species through phytolith analysis. *Economic Botany*52(2):134-145.

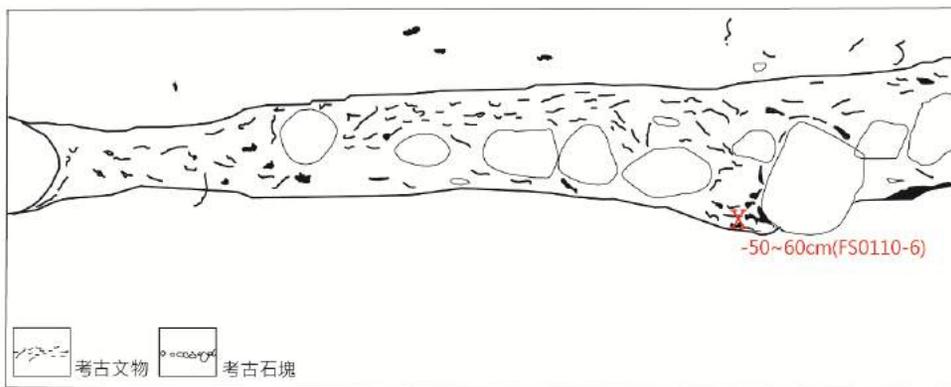


圖 3：富山遺址(紅 X 處為本次樣本出處)。



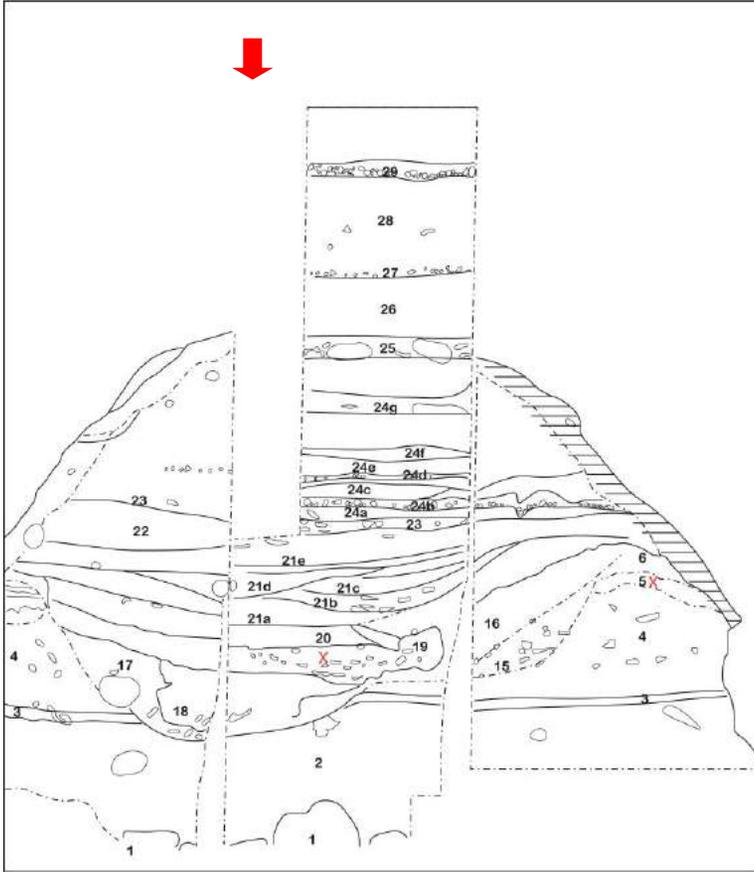


圖 4：潮來橋遺址(紅 X 處為本次樣本出處)。



圖版 1：FS0110-6 稻屬(*oryza*)扇形矽酸體



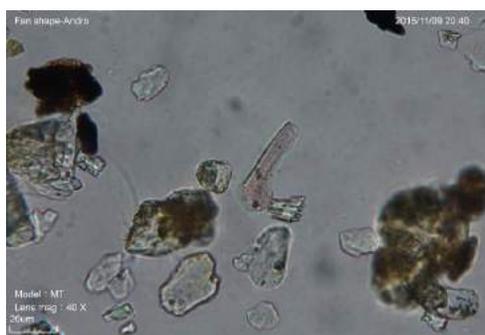
圖版 2：FS0110-6 稻屬(*oryza*)扇形矽酸體



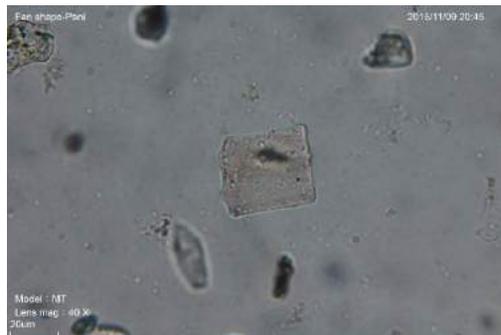
圖版 3：FS0110-6 稻屬(*oryza*)穎殼雙峰型矽酸體



圖版 4：FS0110-5 *Zoysia* 屬矽酸體



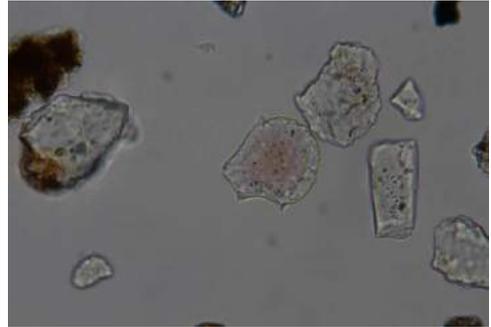
圖版 5：FS0110-6 *Andropogoneae* 族矽酸體



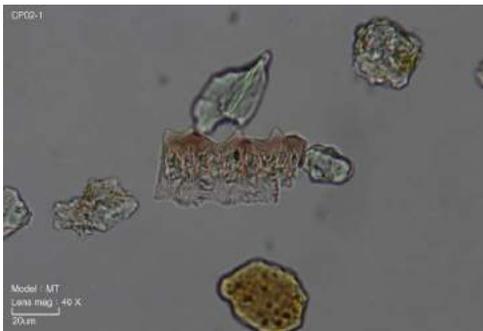
圖版 6：FS0110-7 *Paniceae* 族矽酸體



圖版 7：CL02-1 稻屬(*oryza*)扇形矽酸體



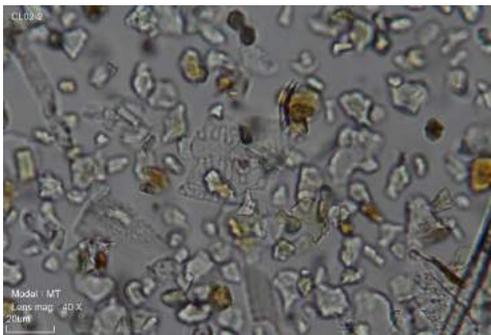
圖版 8：CL02-2 稻屬(*oryza*)扇形矽酸體



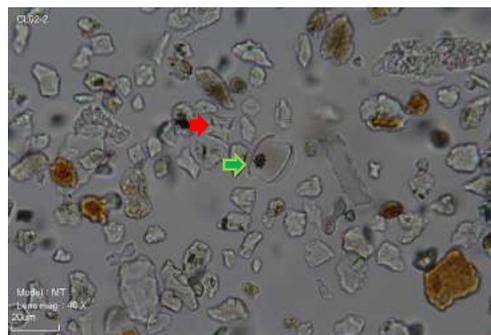
圖版 9：CL02-1 稻屬(*oryza*)穎殼雙峰型矽酸體



圖版 10：CL02-2 稻屬(*oryza*)穎殼雙峰型矽酸體



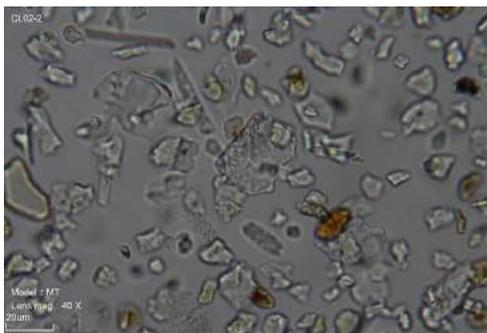
圖版 11：CL02-2 Paniceae 族穎果表皮矽酸體



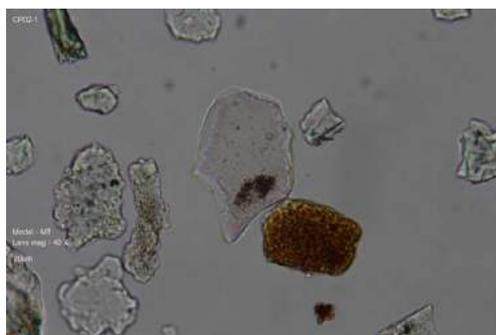
圖版 12：CL02-2 Bambusoideae(紅箭頭)、Eragrostioideae(綠箭頭)的短細胞矽酸體



圖版 13：CL02-2 Canna 屬矽酸體



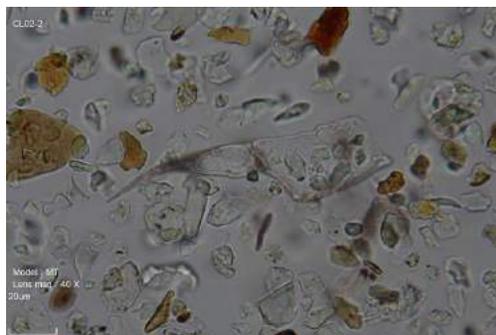
圖版 14：CL02-1 Paniceae 族矽酸體



圖版 15：CL02-1 Phragmites 屬矽酸體



圖版 16：CL02-2 海綿骨針



圖版 17：CL02-2 疑似 Cucurbitaceae 科毛
細胞細酸體



圖版 18：CL02-2 稻屬(oryza)短細胞啞鈴型
矽酸體

The Origin of Rice Cultivation at 4,000 Years Ago on the East Coast of Taiwan: Preliminary Results of Phytolith Analysis

Tsuoting Lee^{*}, I-lin Wu^{**}, Kuangti Li^{***}, Kun-hsiu Lee^{****}

ABSTRACT

Archaeological investigations in the eastern coastal region of Taiwan have been carried out for a long time, but they have not unearthed large amounts of plant remains. Because of this, archaeologists have used stone knives and sickles, known through ethnographic analogy to be prehistoric agricultural harvesting tools, as a proxy for the existence of cereal agriculture. Based on their presence, cereal agriculture is conjectured to have started ca. 4,000 years ago during the Cord-marked Pottery Culture period, but through the present day our understanding of the development conditions of prehistoric rice agriculture remains limited. However, we can consider this in relationship with the situation on the west coast of Taiwan, where in recent years archaeological excavations have unearthed much carbonized rice, demonstrating that rice agriculture was already in use 4,800 years ago.

Contemporaneously with this we can see east coast jade circulating to the west coast, and so from the point of view of the circulation of material culture, even though there still has been no discovery of rice grain evidence on the east coast, perhaps west coast rice had already disseminated to the east coast? This line of thought leads us to recognize the need to find rice evidence on the east coast as soon as possible, as well as evidence for the type of rice. Although ancient rice in Taiwan was once thought to have originated in prehistoric cultures of central China based on stone knife typology, and excavated carbonized rice remains lean toward the Keng (Japonica) variety, when archaeological data of recent years and molecular biology research point toward the middle and lower Yangtze River

^{*} Curatorial Assistant, National Museum of Natural and Science. tsuoting46@nmns.edu.tw

^{**} Research Assistant, National Museum of Prehistory. ilwu@nmp.gov.tw

^{***} Coordinator, Archaeology Division, Institute of History and Philology, Academia sinica. kuang@mail.ihp.sinica.edu.tw

^{****} Assistant Researcher, National Museum of Prehistory. leeks@nmp.gov.tw

excavated from the west coast of Taiwan is the Dabengkeng ancient rice, and its grains are slightly small in size and short and rounded in shape, and do not conform with the evolutionary stage of Chinese ancient rice. From this we can see that the problem of the origins of Taiwan domesticated rice still has many different possibilities awaiting discussion.

In considering the east coast of Taiwan, the first big question is whether or not rice actually does appear 4,000 years ago. In addition, being able to determine its domesticated subspecies would also be key to understanding its source of origin. On this basis, the research here looks at excavated materials from two Middle Neolithic period sites (ca. 4500-3500 BP) in the Taitung region, the Fushan and the Chaolaiqiao sites. We use phytolith analysis methods and phytolith morphology discriminant analysis to determine the subspecies from which the domesticated rice fan-shaped phytoliths gathered from soil samples collected at each site derived and to determine if the phytolith shape is more toward the Hsien (Indica) or Keng (Japonica) subspecies of rice. Our results show that rice was already in use and domesticated on the east coast of Taiwan 4,000 years ago, and it was different from the west coast ancient rice, which was more like the Japonica form. This perhaps shows that the east coast rice had a different source than the west coast rice. These results are worthy of further investigation and understanding.

Key words : Phytoliths, *Oryza sativa* ssp. Indica, discriminant analysis, origin of *Oryza sativa*, Eastern cord-marked culture