

第三屆原住民華碩科教獎 研究成果報告

團隊編號：2011009

主辦單位：華碩文教基金會
國立清華大學
行政院原住民族委員會
原住民族電視台

第三屆原住民華碩科教獎 科展作品報告書

清華與華碩原住民雲端科展：「飛鼠部落」生態文化與科學智慧

燃燒吧！Lawa！



編號：yabit2011009

成員：林佳玟、何瑞華、田紹軍

指導老師：趙振良老師、林清忠長老

壹、 摘要(250 字)

由課本與一般刻板印象的想法出發，思考在沒有火柴與瓦斯爐的發明時，部落是用什麼方式升火的？本研究藉由多次實地與部落的耆老訪談，歸納出兩種方式鑽木取火與打火石取火，對於這樣的技術感到非常有興趣，想瞭解應該如何操作才會成功？因此，深入原住民取火文化的發展，並且深入瞭解耆老記憶中的運作方式，完成取火文化智慧的紀錄。

實驗部份，對於鑽木取火與打火石取火文化技術研究，並且對於部落常見的材料進行研究，分成鑽木材料的選用、火種研究、吹氣引燃研究三項。從中學習到部落文化智慧的科學原理，並且對於各項提出量化的結果說明要如何操作整個流程才容易成功，對於取火文化有了新的詮釋角度。

貳、 研究動機

歷史課本裡常常都會說到人類發展上用火的重要性，對於文化有大幅度的發展。部落裡抵抗寒冷的烤火行為，各種晚會活動中火也是重要的氣氛營造，並且在打獵時提供照明，以及將食物煮成熟食等應用，都在生活中佔有重要的地位。

部落的長老曾經說過：部落裡在火柴與打火機傳入之前，曾經有使用過白色的石頭當成打火石來取火，以及用雙手拿樹枝高速摩擦的鑽木取火方式，不過往往技術的細節都已漸漸失傳，對於部落裡這些生活中的取火智慧充滿興趣，因此想要進一步對其研究，從訪問部落裡的老人家開始，能把取火文化記錄下來，並且設計實驗對其取火技術的細節進一步瞭解。

參、 研究目的

- 一、 瞭解泰雅族取火文化，解釋古時部落祖先為何需要使用火？運用什麼方法取火。
- 二、 整理部落中取火文化的發展並且蒐集材料紀錄實作的流程。
- 三、 設計實驗對部落取火技術中細節的剖析。
- 四、 操作並瞭解如何吹氣引燃燃料的技術。
- 五、 進一步設計便利的取火方式，並在野外實地操作。

肆、 泰雅與賽夏文化田野調查與文獻探討

一. 田野調查部份：

從北得拉曼水田部落出發，我們展開了取火文化之旅，從歷史課本裡可以看到鑽木取火的圖片，史料中說明火的發現曾經使用過鑽木取火的方式，以科學角

度來談談這樣的文化，其主要產生火的原理是由於木材間高速摩擦造成高溫，使木材達到燃點而燃燒作用，即可以生成火炬。而泰雅族族人祖先用怎樣的方式取火，值得我們好好探討一番，由部落林清忠長老與建功高中物理實習老師趙振良帶領我們三人一起向部落裡的耆老請教，打聽以前泰雅族族人的取火文化。

泰雅耆老（亞富長老的姑丈與表姐）的分享北得拉曼水田部落這裡的取火印象，他曾看過自己的爸爸取火的方式是透過打火石點燃材料的，打火石直接在部落旁河床上看到白色的石頭就可以了，但當天我們去河床找幾乎沒有找到合適的石頭，而材料上通常都是找山中的二葉松當作木材，因為二葉松本身就會溢出油脂，油脂低燃點的特性即成為天生的燃料，直接就可以燃燒當作材火，二葉松最大的好處是容易保存，晚上出去打獵或探路帶上一枝二葉松就非常方便，提供打獵的照明使用。對於鑽木取火的方式他比較少見，他說水田部落這裡都是使用打火石取火的方式。



第一次採集材料的成果



亞富長老的姑丈與表姐的分享

接著進行文獻探討的同時，發現第一屆華碩科教獎金牌獎的東河國小，得獎的主題為神奇芭蕉變身趣，指導老師是賽夏族的耆老風健福老師，作品中歷程影片裡他曾說過芭蕉芯為鑽木取火的燃點，這句話與取火文化有很大的相關性，期待進一步瞭解，所謂芭蕉芯是指族人剖開蕉類莖幹取其中的纖維曬乾，絲狀的纖維部份稱為芭蕉芯。

當下決定要去拜訪他，希望能向風老師請教有關鑽木取火與芭蕉芯的原住民文化，通電話後順利約在 2011 年 9 月 16 日前往南庄東河部落拜訪長老，風健福長老說：芭蕉芯擁有低燃點的特性，並且進行處理把多根芭蕉芯編在一起後，燃燒的時間就可以延長，可在生火時當作火種來使用。同時風長老說賽夏族祖先早期就是這樣使用，同時火源通常是透過打火石火花引燃的。當下也跟風長老學習如何抽取芭蕉芯的方法，對於火種製作學習到很多實做的技術。非常謝謝風長老的指導。



風長老教學如何抽取芭蕉芯



芭蕉芯抽取成果

風長老拜訪之旅過程中，長老特別介紹另一位家中有祖傳打火石的日長老，對於打火石取火文化非常瞭解，因此，進一步我們拜訪賽夏族日繁雄長老，他是現在會打火石取火技術的耆老，拜訪他學習打火石取火的技術，當天親眼看到他的傳家之寶-打火石，猜測他就是傳說中的燧石，石英為組成礦物，其硬度非常大，密度也很大，雖當下沒有稱重，但用手拿起來感覺非常沉重，同時觀察打火石都是白色的粒狀特徵分散於表面，日長老跟我們說：芭蕉芯在變成火種時，首先要以日光曝曬到乾，取出同時要讓野桐的木碳粉沾附到芭蕉芯上，如此處理火種才更容易燃燒，在沾附碳粉時要把芭蕉芯用手兩邊施力把它拉的蓬鬆狀。他說這樣的處理方式就是傳統的火種製作。



日繁雄老師的打火石（趙振良攝）

接著日長老用銼刀開始對於打火石高速撞擊，芭蕉芯同時放置於打火石下方，往芭蕉芯方向，敲擊火石，角度與力道正確後就會冒出火花，把火花引到芭蕉新的瞬間，芭蕉芯就燃燒了，接著再取乾燥易燃的植物，放置旁邊，火順勢蔓延在較大體積的木材上即完成，以上訪問過程學習到兩位長老的技術，並結合泰雅族

長老的敘述，將可以繪製泰雅與賽夏族取火文化流程圖。

在水田部落裡對於耆老持續請問對於小時候鑽木取火或是打火石取火的記憶。只要提到二葉松這個植物，耆老們都會說它是所有木材中最合適的材料，並且大致可以確定這個木材至今仍然沿用，因為它太方便了，外出帶著它，配合打火機很快就可以變成一隻火把，會能這樣使用，最大的關鍵在於二葉松會分泌松脂。提供照明使用，在各大晚會也會使用這個材料，不過我們小組到部落四處找尋這個植物，已經不太能見到了，對於一些部落可能文化上已經漸漸忘記這樣的材料。

另一發現則是桂竹吹氣管，桂竹在山上可說是處處可見，點燃芭蕉芯後到引燃燃料的過程中需要吹氣輸入大量氧氣幫助燃燒，才會使木材順利引燃，泰雅族人會把桂竹切小段，把節保留下來，在切面鑽一個小洞，當作吹氣引燃的時候使用，小洞可以讓氣流壓力增大而加快氣體的輸入。



有了取火文化的流程圖，首先我們對於整個流程動手熟練並要能在自己部落成功讓火生起來。藉由博客來的網路購買入鑽木材料包，名稱就叫做鑽木取火組，使用赤松實木和櫟木製成，內含棉繩提供摩擦動力，採用的取火方法為易洛魁族的方式，這是美洲的原住民使用的方式，不過經過訪談泰雅族原住民也有類似的方式，感覺不分國界都會有類似的原住民文化。比較文獻後對於鑽木取火部份這是最方便同時穩定施力的鑽木取火的方式，以此當作鑽木取火實驗的施力來源，可進一步討論木材的種類與鑽木板。



鑽木取火組材料包



鑽木取火器

訪問過程中有很多的心得，感覺耆老就像是一個天生的圖書館，我們發現在部落耆老面前，耆老分享的各種經驗都是寶貴的而且充滿智慧，對於我們來說真的每一項都要重新學起，這些已存在的生活智慧真的發展的很美，因此每次與其老談完後都收穫滿滿。

集結所有訪問內容，大致可以整理出泰雅與賽夏部落的取火文化發展以及曾使用過的材料內容，將在實驗報告中整理成表格呈現，並且對於各種技術的細節設計實驗，小組開始購置與找尋材料，動手取火，從嘗試過程中我們將針對材料與技術上細節實驗紀錄並將文化寫成文字留下紀錄。

二. 文獻探討：

網路統整了有六種取火的方式，以下簡介的方式介紹：

1. 古典式鑽木取火法
2. 雙人經典鑽木法

此兩種皆為直接用雙手進行鑽木的動作，來回摩擦讓底下易燃的芯或枯枝可以燃燒。

3. 簡易鉋子取火法

將軟質木板挖一長槽，槽的前方放置易燃火絨，用較硬木條向前推動，直到火星將火絨點燃。

4. 易洛魁族式取火法

由易洛魁族發明的這個裝置取火效率相當高。鑽軸的一端用兩根繩子纏繞，繩子的另一端分固定在一個硬質橫板上。鑽軸的中間部位用一個硬質木輪做加速器。當把繩子纏好後用力向下壓橫板，就能使鑽軸產生極快的轉速，然後鑽出火花。



取火方法示意圖（左：鉋子、右：易洛魁族式）

5. 弓弦鑽木法

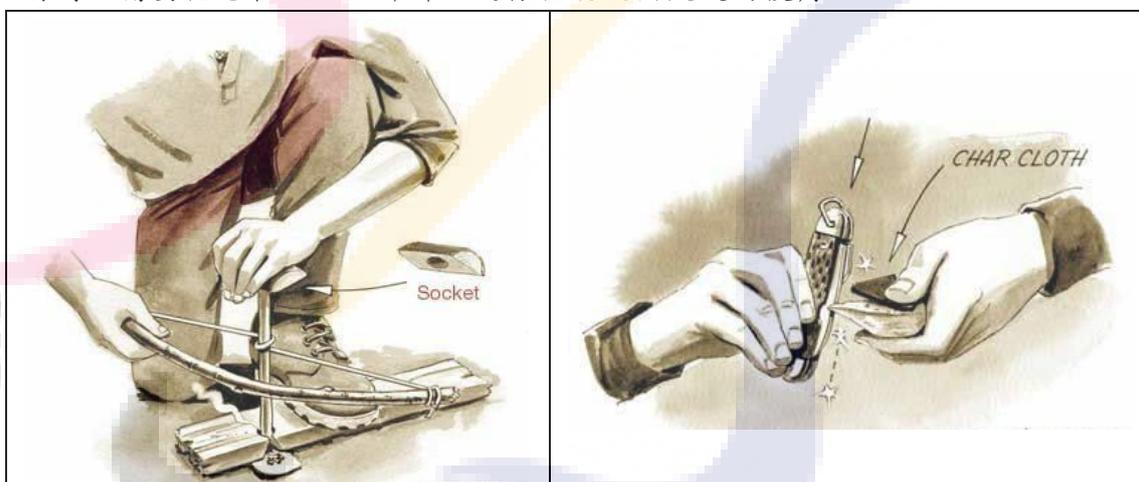
鑽軸上方同樣覆蓋一個有凹槽的蓋子，然後用弓弦樣子的工具快速拉動。

童子軍也有鑽木取火的技能，利用童軍繩快速摩擦木棒生熱，再轉移到稻草等易燃物，此時達到燃點就可以燃燒，方法與弓弦法雷同。

6. 火石取火法

用打火石打擊硬質的材料，比如鋼刀、花崗岩等。

火石的上面墊上易燃的火絨或是易燃物，即可以把高溫火花引到易燃物。這裡有一點需要注意：越是有棱角的石頭打擊火石效果越好，當一塊硬石邊緣太圓滑時，需要把它在大石上摔碎，這樣就能現出尖銳的棱角。



取火方法示意圖 2（左：弓弦、右：打火石）

以上資料與圖片取自：<http://www.45eggs.com/2008/02/get-fire-mood.html>

以下表格資料是從大陸內地的網站介紹其原住民海南黎族的鑽木取火文化，其使用的工具由兩部分組成，一個為鑽火板，一個為鑽竿和弓木，二者配合才能取出火來。整理需要使用的材料當作我們的參考：

| | |
|------|---|
| 鑽木器具 | 材料敘述 |
| 鑽木板 | 中平木木質不軟不硬，剖開的竹片。 |
| 鑽桿 | 長 50 到 60 釐米，用硬雜木製成，粗細適中，直徑 3 到 5 釐米，下端略尖，如圓錐狀。 |
| 媒介物 | 即用易燃的苳絨、芭蕉根纖維、木棉絮等引燃 |

國內原住民各族的取火文化資料對於科學原理角度的量化的討論幾乎找不到，網路上會有很多鑽木取火實做的影片可以參考，不過並沒有文字敘述詳細的解說，故本研究以實地探訪瞭解真正台灣原住民的取火文化，並且加以細部文字紀錄，同時進行各項技術的研究，要以科學的方式驗證耆老取火文化中的智慧，進一步解釋各項步驟的科學概念，提供一個詳盡的文化保存給予族人學習取火文化時可以各種資料得以參考。

以上參考資料出處參考「壹拾、參考資料」接可以找到相關資料。

伍、 研究設備與器材

一. 研究設備與材料

各類木材（二葉松、櫻桃樹、構樹、龍柏、桂竹）、易燃材料（芭蕉芯、棕葉、蘆葦花、蘆葦葉）、打火石（自撿）、游標尺、鋸子、鐮刀、燒杯、熱電偶溫度計（TES1315，連續溫度紀錄功能）、表面溫度測試棒（TP-104，400°Cmax）、鑽木取火組（博客來線上購買）、酒精燈加熱組合（酒精燈、陶瓷纖維網、鐵架）。

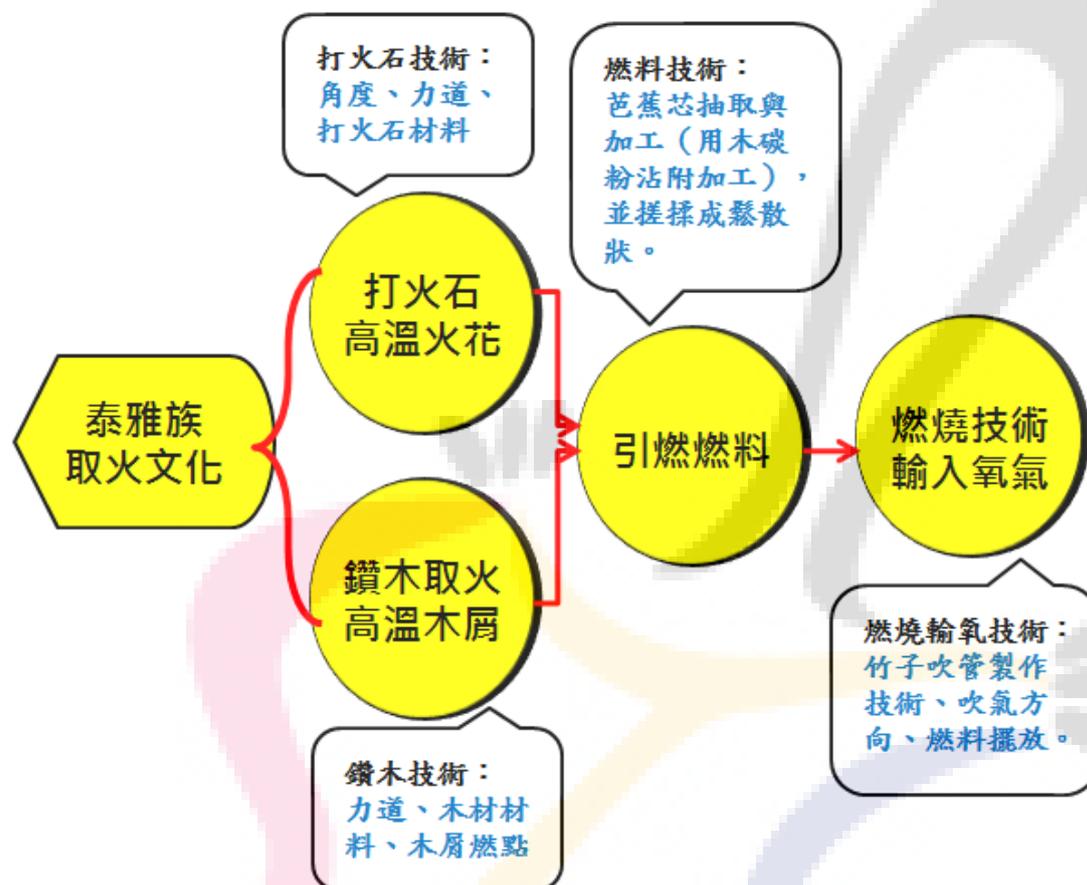


| | |
|--|---|
| <p>易燃材料 (芭蕉芯)</p> | <p>打火石</p> |
|  |  |
| <p>酒精燈加熱組合</p> | <p>表面溫度測試棒</p> |
|  |  |
| <p>熱電偶溫度計</p> | <p>游標尺 (精確度 0.05mm)</p> |



陸、 研究過程與步驟

統整部落耆老的訪談，取火文化方法流程如下：



要能產生燃燒反應，主要是滿足三個要素：燃點、助燃物、可燃物。對於原住民取火文化來說材料的燃點的要求非常重要，因此本研究針對材料燃點進行量化分析。

取火文化的整個流程可以看見提供火源有兩種方式，可透過打火石或鑽木取火兩種方式，打火石利用石頭間高溫摩擦碎石瞬間燃燒產生的高溫火花點燃燃料，而鑽木取火則利用高溫摩擦產生的高溫木屑把高溫傳導到燃料，兩種方式都可以成功的點燃燃料，將針對鑽木使用的木頭材料進一步研究，瞭解較佳的選擇為何。針對引燃的燃料部份，這在取火成功的角色扮演重要的地位，芭蕉芯如同一個火種，提供高溫環境的延續，因此對於芭蕉芯針對可以持續使用的時間與粗細的關係、水分的影響、以及沾附碳粉後對於燃點的影響進行研究。輸入氧氣助燃的部份則針對不同角度的吹氣方向不同進行研究。

接著將進行實驗的設計，對於取火文化的科學，量化分析瞭解。

實驗前置作業

| 材料收集工作 | 照片 |
|---|--|
| <p>芭蕉芯抽取：</p> <p>採回芭蕉的內莖，把假莖切除後，即可以進行抽取。用刀將芭蕉莖切成小圓柱，兩邊往外拉就可以看到潮濕纖維被取出，此時不要太快拉扯，一定長度後要用雙手貼近上下兩圓柱再重新用力拉出，才會把藏在內部的芭蕉纖維全部取出。</p> <p>(上：抽取情形 下：芭蕉芯成果)</p> <p>備註：</p> <p>下面照片的芭蕉芯量是4顆芭蕉樹取出的，對於芭蕉新的抽取非常辛苦，往往抽取需要花費很多的時間。</p> |   |
| <p>木碳粉製作：</p> <p>將部落常見的各類植物，加熱燃燒後完成後，收集燃燒後產生的碳粉，即完成木碳粉製作，各種不同的材料燃燒後碳粉皆為黑色，因此容易混淆。(上：用噴火槍使之燃燒 下：各不同木材分堆燃燒)</p> |  |



芭蕉芯加工（木碳粉沾附）：
把潮濕的芭蕉芯曬乾後，確定水分已經不存在，放置前要把芭蕉芯拉開變成蓬鬆狀，再放置於木碳粉中，可以準備夾鍊袋，將碳粉與芭蕉芯融合在一起，取出即完成木碳粉的沾附工作。（左：拉開蓬鬆狀 右：沾附木碳粉狀況）



鑽木與打火石取火流程細節

製作細節

照片

將木材削成可用大小，利用鑷刀削成合適直徑，再使用鋸子切下合適長短。
（配合鑽木設備直徑 1.3cm）
（左：切削外皮 右：鋸子切下合適長度）



將削好的木頭放置於鑽木取火設備中，即可以開始鑽木。



鑽木取火前，先將鑽木取火器具上面木棒棉繩纏繞好，然後手放置在橫木板上，順著往下施力，給予鑽木器一個力矩帶動底下的木材得以在鑽木板上快速旋轉，摩擦生熱，如此往返施力，就可以讓木材一直來回旋轉不停。



1. 使用熱電偶溫度計，放置於鑽木板木屑出口處，直接量測掉落出來的木屑溫度。
2. 鑽木板洞口放置芭蕉芯，讓高溫木屑得以傳熱於芭蕉芯上，使芭蕉芯燃燒。



將燃燒後的芭蕉芯，移至木材上，同時把可燃物包附於上面進行燃燒，適時的吹入空氣可以使燃燒更旺，主要是使流進去的氧氣濃度提高，助燃性增加，整個芭蕉芯燃燒累積溫度於最底下，達到木材與可燃物的燃點後，就會產生劇烈的燃燒反應。



備註： 打火石取火與鑽木取火只有一開始的火源提供流程不同，打火石則是把芭蕉芯放置於打火石下緣，敲打方向朝芭蕉芯打去，導引火花到芭蕉芯上即可以成功燃燒。

實驗設計與研究步驟：

一、定性實驗：

依照耆老的取火流程，準備材料試著製作，觀察與學習重點在於材料前置處理、鑽木技術、高溫引燃燃料、輸入氧氣維持火源，並從中瞭解各項步驟的科學原理。

實驗步驟：

1. 芭蕉芯與木材前置處理。
2. 進行鑽木取火實驗，觀察高溫時會有木屑的粉末產生情形。
3. 點燃芭蕉芯，觀察芭蕉芯燃燒的情形。
4. 利用桂竹吹氣引燃燃料。
5. 分析各步驟相關科學原理。

二、定量實驗：

(一) 實驗一

不同木材產生木屑的溫度都不同，儘管產生木屑但溫度過低，那也無法點燃芭蕉芯，所以此實驗目的要瞭解什麼種類的木材最適合使用於鑽木取火的方式取火。

實驗架設：



實驗步驟：

1. 熱電偶碳棒利用鐵架固定，把鑽火板墊高，讓二者高度水平。
2. 在鑽火孔邊緣開口處放置芭蕉芯，芭蕉芯的選取以燃點來考慮（芭蕉芯是碳粉沾附處理後最低燃點的）。
3. 調整熱電偶碳棒位置，使直接接觸量測鑽火孔邊緣開口溫度，並讓高溫木屑可以直接接觸到碳棒。
4. 進行鑽木取火的實驗，一直到產生大量木屑並且高溫冒煙，使木屑堆疊於芭蕉芯上，觀察芭蕉芯是否被點燃。
5. 紀錄整個過程的木屑剛產生時的溫度變化。（利用三秒一次數據的功能）
6. 反覆實驗做三次數據。

（二） 實驗二

本實驗目的要瞭解水份對於芭蕉芯燃點的影響。

實驗架設：



夾取芭蕉芯加入定量的水，測試燃點。

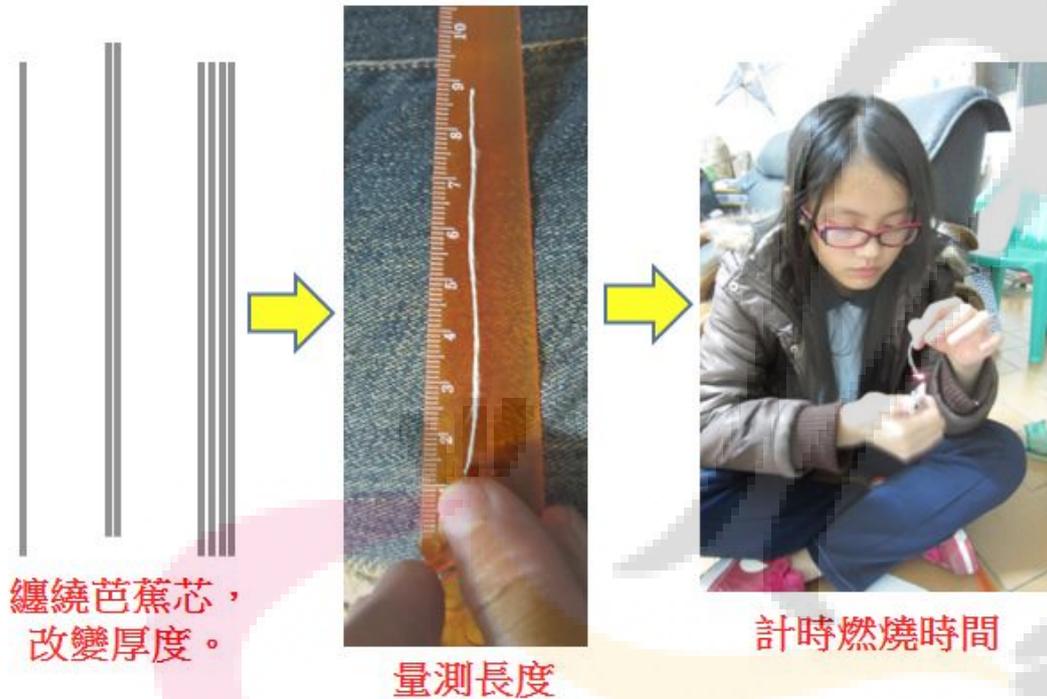
實驗步驟

1. 取同樣種類同樣長度的芭蕉芯五小段。
2. 準備五個相同容器，將芭蕉芯分別放入其中，並且使用針筒取水，以 0.2ml、0.4ml、0.6ml、0.8ml、1.0ml 分別加入於容器中，均勻攪拌混和。
3. 量測加水處理的芭蕉芯燃點，並且紀錄溫度值。

(三) 實驗三

本實驗目的要瞭解芭蕉芯火種單位長度下可持續燃燒的時間。

實驗架設：



實驗步驟

1. 從芭蕉樹抽取芭蕉芯後曬乾處理。
2. 取不同粗細的芭蕉芯，分成三種粗細的改變，取一段為基本厚度，第二段為第一段對折的厚度，第三段為第一段對折兩次的厚度。
3. 三段芭蕉芯分別量測長度。
4. 以打火機點燃後，以碼表計時火苗持續的時間。
5. 每一組粗細不同的實驗要連續製作三次。

(四) 實驗四

芭蕉芯火種以碳粉混和處理後會降低燃點，碳粉燃點比較低，因此常來當作燃料，本實驗目的要瞭解何種木碳粉降低燃點效果最好，並對於其原因進一步分析。

實驗架設：



實驗步驟

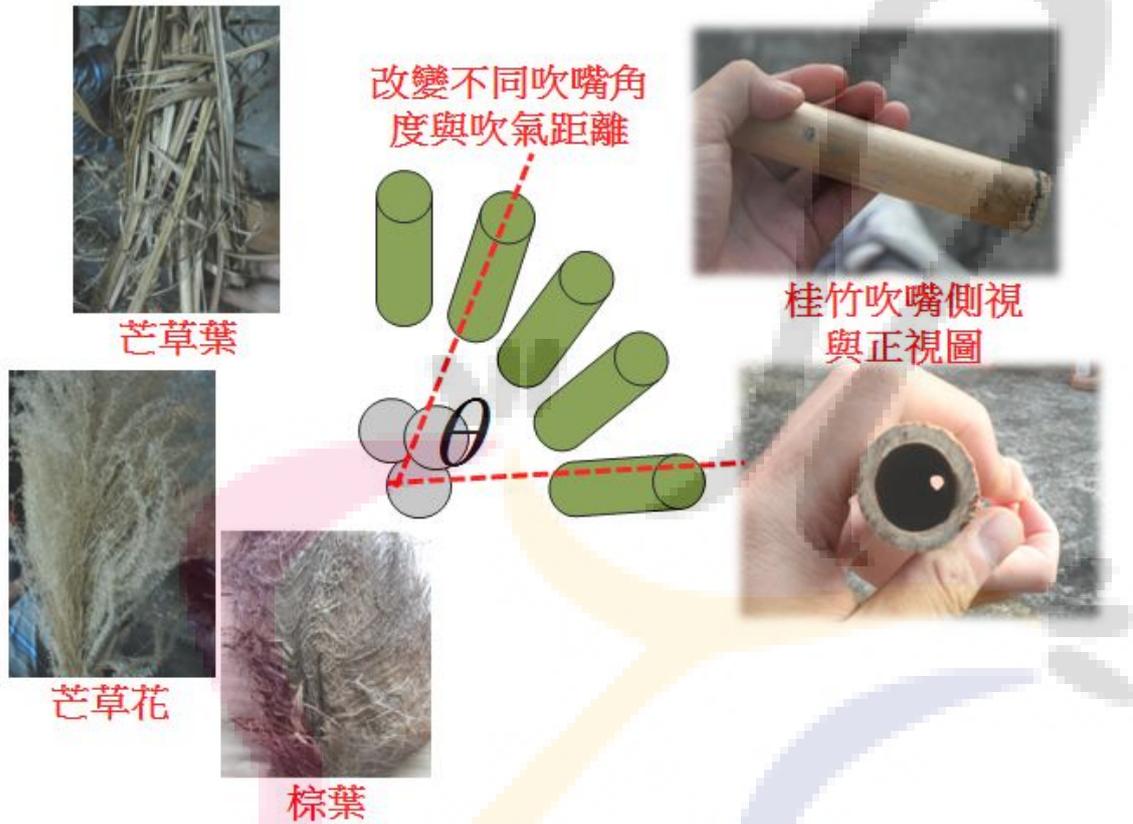
1. 找芭蕉樹並抽取內部芭蕉芯。
2. 燃燒各種部落常見木材取其灰燼，並且讓芭蕉芯附著灰燼碳粉的處理。
3. 使用鐵架與陶瓷纖維網架設加熱的設備，並將待測的芭蕉芯放置於鋁箔紙上，同時放置熱電偶溫度計即時量測溫度變化。
4. 點燃酒精燈加熱鋁箔，觀察芭蕉芯冒煙的瞬間，則紀錄當下溫度值，此溫度值即為芭蕉芯燃點。
5. 同一材料反覆製作三次求其平均值。

備註：如果是直接抽取後芭蕉芯仍然潮濕時就立即附著碳粉處理，稱為濕芭蕉芯。乾芭蕉芯則是經過陽光曝曬水分已經散失在進行碳粉附著的意思。

(五) 實驗五

本實驗要瞭解如何吹氣與何種易燃物可以燃燒後使大型木材持續燃燒，找出判斷可否當易燃物的檢定方法。

實驗架設：



實驗步驟

1. 放置選定的燃料，密集排列。
2. 點燃芭蕉芯，放置於燃料中，利用桂竹吹氣筒，固定角度朝芭蕉芯吹氣。
3. 記下可引燃的易燃物。

柒、研究結果

一. 定性實驗發現

| 觀察與學習事項 | 實驗紀錄 |
|---------|--|
| 前置作業 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 需要花費大量的時間，鑽木材需要削到全長度的直徑都接近 1.3cm，不然可能會把鑽木取火器材擠壞。 2. 鑽木板在第一次鑽後，使碳粉留在鑽木板上，因此第二次鑽木效率會提昇。 3. 芭蕉芯處理上盡量不要讓每一段都彼此打結，如此才方便量化紀錄。 |

| | |
|--------|--|
| 鑽木取火過程 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 鑽木越大力溫度上升越高，因此一開始要先維持一定的速度，直到到達木屑產生後再加速，不然不穩定會一下子跑離鑽木孔導致實驗失敗。 2. 熱電偶量測要能完全貼合木屑產生的地方，量到的溫度才比較接近真實木屑溫度。 |
| 芭蕉芯燃燒 | 芭蕉芯量越多，越乾燥，效果越好。 |
| 吹氣引燃過程 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 芭蕉芯放置前，要把易燃物先在底下放置後，再把燃燒後的芭蕉芯放置其上，燃料包覆如同鳥巢狀，要能完全包住芭蕉芯。 2. 吹氣的桂竹要完全貼近燃燒中的芭蕉芯，每一次都大力吹氣，可以看到紅色火焰變得更深，表示有幫助溫度再次提昇。 |

集結每個不分的細節，做為量化實驗時需要注意的項目。

科學原理與取火文化的關係圖：

| 取火流程 | 部落智慧 | 科學原理 |
|---------------|---|--|
| 鑽木與打火石引火燃燒芭蕉芯 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 鑽木取火：準備一個木板與木條，木條快速在木板上旋轉，就會產生高溫點燃木條 2. 打火石取火：兩個打火石相互碰撞，會產生火花點燃芭蕉芯。 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 摩擦生熱：兩物相對運動，會在接觸面間產生摩擦力，摩擦動能轉換成熱能形式放出，摩擦速度越快，熱能越多。 2. 打火石則是本身劇烈的碰撞，會使得打火石表面碎石成小塊燃燒噴出，則就是看到的火花。 |
| 芭蕉芯火種 | 纖維狀材料，容易燃燒，並且可以維持高溫一段時間。 | 燃點：燃點即是可以燃燒的溫度，芭蕉芯有低燃點的特性。此材料燃燒延續性很好，一個部份燃燒就可以蔓延到整體。 |
| 易燃物 | 易燃物質（棕葉：蓑衣材料） | 低燃點特性。 |
| 竹製吹氣筒 | 利用竹子的節與內部中空的部份，用嘴巴吹氣，可以使吹出的氣體移動速率集中固定。 | 流體連續方程式，同樣流道上，面積與流速乘積成定值。運用通過小面積時流速增加可以使吹氣效果越好。 |

二. 實驗一 - 最適合用來鑽木取火的材料。

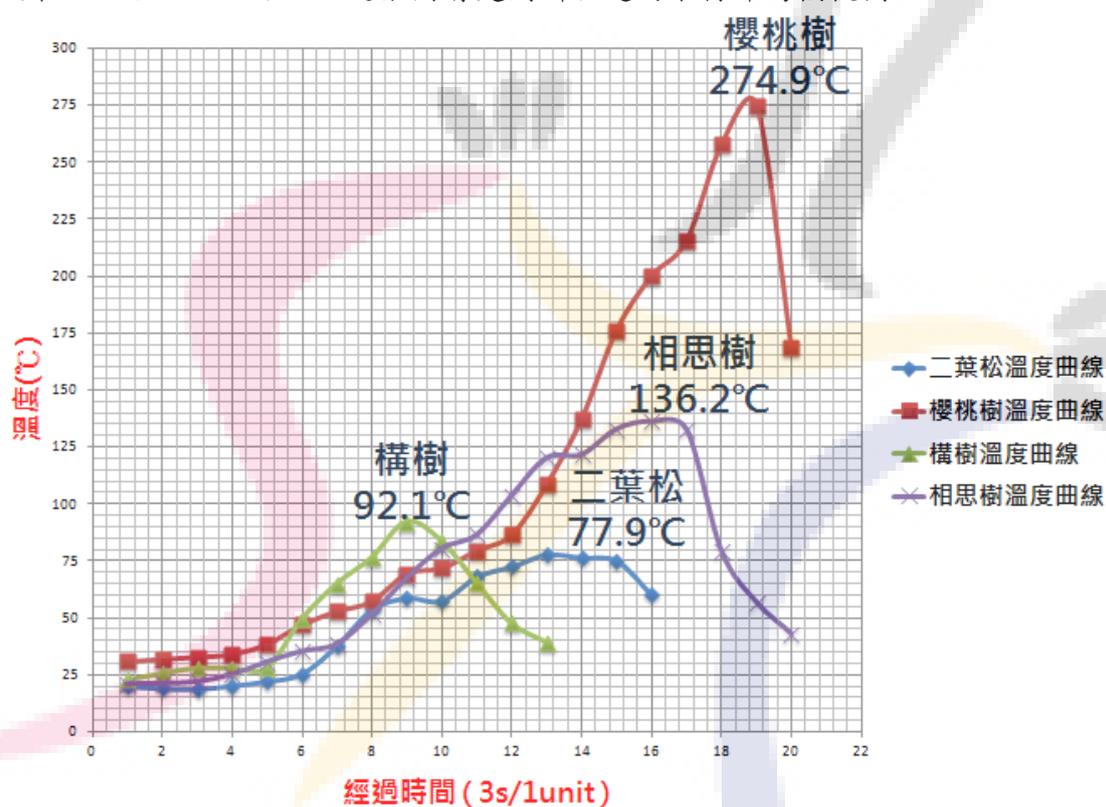
| 木材種類 | 直徑 | 最高溫度 | 是否可以點燃芭蕉芯 |
|------|----|------|-----------|
| | | | |

| | | | |
|-----|----------|---------|--------|
| | 1.300 cm | 標準 | |
| 二葉松 | 1.275 cm | 77.9°C | 否 |
| 櫻桃樹 | 1.480 cm | 274.9°C | 可以 |
| 構樹 | 1.375 cm | 92.1°C | 否 (很軟) |
| 相思樹 | 1.415 cm | 136.2°C | 否 |

(選用固定的芭蕉芯進行實驗/材料包合成木(赤松實木/檫木)規格直徑1.300cm)

作圖比較：

此圖以鑽木經過的時間為X軸，木屑達到的溫度為Y軸，芭蕉芯要能燃燒大約在180°C，因此可以由這張圖清楚判斷合適的木材即為櫻桃樹。



小結：

從實驗的結果就可以清楚發現到只有櫻桃樹達到標準，唯一可使芭蕉芯燃燒，此實驗方法可以正確的判別何種類的木頭對於鑽木取火的搭配較為合適。

三. 實驗二 - 水分對於芭蕉芯燃點的影響

水分測試 (用針筒取水 0.2ml、0.4ml、0.6ml、0.8ml、1.0ml 混合)

| 芭蕉芯長度 | 木炭種類 | 加水量/燃點 (每一種水量紀錄兩組數據) 0.2ml |
|-------|------|----------------------------------|
| 5 cm | 無 | 有水即不可燃。 |
| 5 cm | 櫻桃樹灰 | 有水即不可燃。 |
| 5 cm | 桂竹灰 | 有水即不可燃。 |
| 5 cm | 相思樹灰 | 有水即不可燃。 |
| 5 cm | 構樹灰 | 有水即不可燃。 |

小結：

由於 0.2ml 即無法燃燒，因此可以推論要以鑽木取火的方式使芭蕉芯要燃燒一定要讓水分全部排除。

四. 實驗三 - 芭蕉芯粗細程度有不同的持續燃燒時間

芭蕉芯粗細對於燃燒時間的影響。

(芭蕉芯粗細固定，整組實驗為同一顆芭蕉樹抽取下來的寬度)

| 芭蕉芯粗細程度 | 長度 (cm) | 燃燒時間 / 單位長度的時間 (s, s/cm) | | 平均時間 (s) |
|-----------|---------|-----------------------------|----------------|----------|
| | | 燃燒時間 (s) | 單位長度的時間 (s/cm) | |
| 一條 | 11.7 cm | 59 s | 5.04 s/cm | 4.55 s |
| | 4.8 cm | 18 s | 3.75 s/cm | |
| | 7 cm | 34 s | 4.86 s/cm | |
| 對折 (兩條) | 5.7cm | 77 s | 13.51 s/cm | 9.89 s |
| | 8.7 cm | 63 s | 7.24 s/cm | |
| | 8.4 cm | 75 s | 8.93 s/cm | |
| 對折兩次 (四條) | 4.3 cm | 83 s | 19.30 s/cm | 19.63 s |
| | 4.8 cm | 90 s | 18.75 s/cm | |
| | 4.8 cm | 100 s | 20.83 s/cm | |

小結：

可以發現芭蕉芯在粗細固定的情況下，從數據可以看到，當厚度加倍時，單位長度可以持續燃燒的時間也就變成兩倍，厚度與燃燒時間為正比關係。

厚度越厚可以延長燃燒時間，一個火種需要長時間提供環境熱源，因此如要使用芭蕉芯火種，可以將其多條共同編織成較厚的芭蕉芯，如此可以大幅提昇火種燃燒時間。

五. 實驗四 - 木碳粉種類對於芭蕉芯燃點降低的影響

此實驗每一種木碳粉連續反覆做三次，紀錄芭蕉芯燃點的溫度值。以下為各芭蕉芯沾附木碳粉的狀況：



芭蕉芯與碳粉的混合燃點量測結果：

| 生活中材料與木碳粉種類 | 芭蕉芯狀況 | 燃點 | 平均燃點 | 燃點比較 | 備註 |
|-------------|-------|---|---------|------|----------------|
| 衛生紙 | X | 01 : 42.0 °C 02 : 45.0 °C 03 : 46.0 °C | 44.3 °C | | 看到衛生紙焦黑就是到達燃點 |
| 合成木屑 | X | 01 : 52.0 °C 02 : 46.0 °C 03 : 46.0 °C | 48.0 °C | | 表面稍有顏色改變即為到達燃點 |
| 芭蕉芯 | 乾 | 01 : 212.0 °C 02 : 210.0 °C 03 : 184.0 °C 04 : 183.0 °C 05 : 200.0 °C | 197.8°C | 最高 | 冒煙瞬間或完全燒起為到達燃點 |
| 芭蕉芯+相思樹灰 | 乾 | 01 : 142.0 °C 02 : 140.0 °C 03 : 150.0 °C | 144.0°C | 最低 | |
| 芭蕉芯+桂竹灰 | 乾 | 01 : 150.0 °C 02 : 160.0 °C 03 : 145.0 °C | 151.7°C | | |
| 芭蕉芯+櫻桃樹灰 | 乾 | 01 : 155.0 °C 02 : 163.0 °C 03 : 170.0 °C | 162.7°C | | |

| | | | | | |
|---------|---|---|---------|--|--|
| 芭蕉芯+構樹灰 | 乾 | 01 : 155.0 °C 02 : 146.0 °C 03 : 135.0 °C | 145.3°C | | |
|---------|---|---|---------|--|--|

小結：

燃點比較：

燃點即是到達燃燒反應的溫度，越小越有助於鑽木或打火石起火條件容易，溫度比較低，就更有機會點燃芭蕉芯火種。

相思樹灰<構樹灰<桂竹灰<櫻桃樹灰<無灰芭蕉芯<合成木屑<衛生紙

由上述比較的結果，相思樹灰對於芭蕉芯燃點下降最有幫助，可以從 197°C 降到 144°C，約 53°C 的下降，推論木炭可以使燃點下降，是燃燒後的碳粉已經把水分除去，因此本身燃點就已經變低，同時因為附著碳粉，芭蕉芯對於熱能傳導性也會提昇，使芭蕉芯本身在熱源供給下更容易達到燃點。而各木材的木碳粉效果不同，主要應該是各木材碳粉的孔隙大小應該還是有些許不同，密集度就影響傳導性，或是內部有其他燃點較高的雜質影響所致。

最適合使用的碳粉：相思樹灰。

六. 實驗五 - 易燃物可否使用的判斷

輸送氧氣最佳的角度與合適燃料的研究。

| 燃料 | 吹氣方向 | 可否引燃 |
|-----|----------------------------------|------|
| 芒草花 | 0 度：可燃 45 度：可燃 90 度（垂直）：可燃 | 可 |
| 芒草葉 | 0 度：可燃 45 度：可燃 90 度（垂直）：可燃 | 否 |
| 棕葉 | 0 度：可燃 45 度：可燃 90 度（垂直）：可燃 | 可 |
| 木屑 | 0 度：可燃 45 度：可燃 90 度（垂直）：可燃 | 可 |

小結：

吹氣角度與燃燒與否關係不大，重點是吹氣筒距離以燃燒芭蕉芯的距離，要能非常貼近，同時用力大口吐氣，而易燃物材料的選擇則與成功與否有高度相關性，可以用打火機直接燃燒判斷，當此材料一端燃燒後，如能讓材料各處延續燃燒，這樣的材料才適合在取火時做為易燃物的使用。

捌、 分析與討論

一. 鑽木材料的選用規則？

鑽木取火的木材材料種類不同，對應到產生的木屑溫度差異很大，而適當的溫度才會使芭蕉芯火種的燃燒，因此對於木材種類的選用的規則有以下深入的分析，此實驗中可以發現不同的木材，鑽木取火過程中產生木屑的溫度點不同，因此不一定因為產生很多的木屑而能使芭蕉芯燃燒，產生木屑也要能使溫度達到芭蕉芯燃點才可以，對於木材選用較硬的材料比較能夠產生較高溫度的木屑。同時使用熱電偶量測木屑溫度可以發現，木屑剛產生如與空氣接觸，溫度下降的速度很快，一下子就會跟空氣熱平衡，所以量測上都是將量測碳棒緊貼量測，如芭蕉芯火種放置的位置離木屑有一段距離，則引燃的成功率也會大幅降低。

二. 芭蕉芯的燃燒作用？

芭蕉芯當作火種使用在取火文化中扮演重要的角色，要能成功引燃易燃材料，一定需要透過可以持續燃燒很久的火種，芭蕉芯就是擁有這樣的特色，從實驗中可以發現芭蕉芯厚度越粗可以持續燃燒的時間增長，長度越長也可以燃燒越長，加入碳粉後更可以使燃點再降低，因為鑽木取火的方式可以使瞬間高溫達到接近300度，離木材燃燒400度仍有一段距離，但可以使芭蕉芯順利燃燒。

因此芭蕉芯可以製作成火種最主要原因就是擁有低燃點的特性，以及芭蕉芯本身的結構呈現纖維狀非常緻密，當一部分芭蕉芯達到燃點燃燒後，可以快速影響到周圍部位也同時傳遞熱量得以燃燒，因此溫度可以延續到芭蕉芯材料完全燃燒結束。作為火種角色非常恰當，原住民可以發現這樣的材料也與芭蕉樹在台灣山中常見有關，因此芭蕉樹每一個部位的使用都有各種記載，對於芭蕉芯文化的應用感到非常神奇。

三. 燃點量測實驗誤差的分析？木碳粉的附著情形無法得知？

量測燃點的實驗有一些問題需要調整，在量測時使用酒精燈加熱，易受到周圍環境風的影響而無法穩定熱源，因此本實驗要在室內製作比較合適。製作時也不能讓酒精燈直接放置在芭蕉芯底下，溫度上升太快，熱電偶溫度計3秒才能記取一個溫度值，這樣會造成溫度變化太快，所以量測時也要讓酒精燈放置離芭蕉芯較遠的位置。

燃點的誤差產生有三項，芭蕉芯本身的蓬鬆程度無法量測，因為在放置芭蕉芯測試時會用雙手讓芭蕉芯往外拉，變成棉花狀，再沾附木碳粉，放置後會用

鐵夾壓住芭蕉芯等待冒煙燃燒得時候記下溫度，而每一個人對於真正冒煙燃燒的定義有時候難以界定，因為發生燃燒作用的瞬間到紀錄下溫度，又會有一些落差，不過每一組數據都是加入了以上所討論的誤差，因此可以比較相對值，仍有比較上的意義。

木碳粉的沾附狀況，同時也很難量測，只能讓芭蕉芯完全放置在碳粉內部來回攪拌，再取出量測，相信這樣的不均勻性對於實驗結果也有影響。

四. 芭蕉芯火種持續時間量測的問題？

芭蕉芯是以同一根取出時馬上曬乾後進行量測，因此厚度就是每一結抽取出來的厚度，每一次抽取可能會有些取差距，因為無法對於厚度真實定量，因此測出的時間就會有一些誤差在其中，解決的方式可以讓同一根較長段，用剪刀分成小段，在一次同時量測持續燃燒的時間，這樣就可以讓本身厚度影像降低。

玖、 結論

一. 泰雅取火文化的細節與技術統整：

本報告完成紀錄泰雅族的取火文化，並且對於可用材料進行整理並且研究，整個鑽木與打火石取火的技術也以文字紀錄。從泰雅取火文化中的祖先智慧中可以看到觀察力的表現，正確的使用摩擦生熱於點燃火種芭蕉芯後，在引燃高燃點的木材，非常精密。

1. 鑽木取火材料：

以目前水田部落常見的樹木來說，選了四種木材實驗中，最佳的鑽木材料為櫻桃樹，高速摩擦產生的木屑溫度高達 270°C，遠遠高過芭蕉芯燃點 180°C，因此用來當作鑽木材料非常合適，對於芭蕉芯的放置，要能在木屑一產生就接觸芭蕉芯，不然因為與空氣接觸溫度驟降，而芭蕉芯火種會無法點燃造成實驗失敗。

2. 芭蕉芯的特性：

芭蕉芯的燃點大約 180°C，由於緻密的纖維狀結構，而能持續燃燒而維持高溫，作為火種使用，使用時不能有水分不然就無法點燃，同時利用燃燒木材後的木探粉附著後，可以使芭蕉芯燃點降低到 140°C 左右，使取火成功率提昇。

3. 吹氣步驟：

吹氣是能不能透過芭蕉芯引燃木材重要的步驟，透過自製的桂竹吹氣管，可以使吹氣流速提昇，燃燒效率增加，需要注意的是吹管一定要很貼近火種才會成功。

二. 原住民文化智慧取火文化與可用材料整理表

| 使用目的 | 材料種類 | 備註 (分布與收集) |
|-------|--|------------|
| 鑽火棒 | 桂竹、二葉松、構樹、江母、相思樹、櫻桃樹、龍柏 | 硬度強 |
| 鑽火板 | 二葉松 | 軟木，產生高溫木屑 |
| 打火石 | 燧石 (隱晶質的石英)、鎂塊 (網路資料)、稀土元素 (網路資料) | 敲擊產生高溫火花 |
| 火種 | 芭蕉芯 | 低燃點 |
| 芭蕉芯附加 | 木炭粉最佳：(野桐、刺桐、白袍子) 嘗試：構樹灰、桂竹灰、櫻桃樹灰、相思樹灰、 | 降低燃點 |
| 易燃料 | 蘆葦、芭蕉葉、乾草、苔蘚、芒草葉 | 提供燃料 |
| 吹管 | 竹子 | 輸送氧氣 |

三. 本研究價值與成員分工：

研究價值與部落文化連結：

本研究紀錄泰雅與賽夏取火文化的內容，並且從部落中取材作為鑽木取火的材料，成功完成以鑽木取火得以應用。對於每一個步驟找出科學原理進行實驗研究，亮化成燃點說明鑽木成功的條件，對於取火文化以科學角度切入有了全新的瞭解。對於部落來說可以重新找回當年的文化得以保留，並且對於部落中各種植物可以更瞭解其應用，也許可以在結合不同的文化發展出新的原民族文化，同時這項活動對於旅客來說是非常有去的互動體驗，也可以發展成給予觀光客動作做的體驗。

| 研究成員 | 分工情形 |
|---------------|---|
| 亞富長老 (林清忠) | 聯絡部落耆老訪談、提供實驗研究場地與部落的植物材料。 |
| 趙振良 | 實驗設計、報告的修改、帶領學生思考部落文化科學原理 |
| 田紹軍 | 實做並紀錄數據、發現各種實做上的問題並微調修正。 |
| 林佳玟 | 報告撰寫、實驗設計與文獻探討的資料收集 |
| 何瑞華 | 對於科學原理的理解很快，整理數據，推論數據結果並重新設計實驗並且修改讓實驗數據更好 |

四. 未來工作：

打火石的火花溫度量測，以及相關打火技術的研究，結合經驗設計出更好的取火工具。

壹拾、參考資料

一. 參考書籍：

國中自然與生活科技課本第三冊 - 熱與溫度

二. 網路資料：

1. 鑽木取火組-DIY
2. 名堂才藝坊 <http://www.mingtong.com.tw/art/b2-039.htm>
3. 博客來
http://www.books.com.tw/exep/prod/newprod_file.php?item=N010003314
4. 易洛魁族介紹
http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/zh_tw/Iroquois#Name
5. 出自：半百老人林中表演鑽木取火 絕技瀕臨失傳
http://www.scccjm.com/Get/xinling/100716116_2.htm
6. 六種取火方式
<http://www.45eggs.com/2008/02/get-fire-mood.html>
7. 台灣老樹網
http://wwwdb.tesri.gov.tw/tree/old_tree/introduce.asp
8. 台灣原住民神話傳說
taiwanlg.web.nhcue.edu.tw/ezcatfiles/t036/img/img/582/004-1.ppt
9. 排灣圖片
<http://collection.kmfa.gov.tw/kmfa/artsdisplay.asp?systemno=000003589&viewsource=list>
<http://meichenl.com/wordpress/?p=435>
10. 台灣原住民鑽木取火相關資料
[http://www.dmtip.gov.tw/FileUpload/interaction/e_images/%E5%8F%B0%E7%81%A3%E5%8E%9F%E4%BD%8F%E6%B0%91%E6%97%8F%E5%8F%A3%E5%82%B3%E6%96%87%E5%AD%B8%E6%A6%82%E8%AA%AA\(%E7%AC%AC%E4%BA%8C%E8%AC%9B%E6%B4%AA%E6%B0%B4%E8%82%86%E8%99%90%E7%9A%84%E8%A8%98%E6%86%B6\).pdf](http://www.dmtip.gov.tw/FileUpload/interaction/e_images/%E5%8F%B0%E7%81%A3%E5%8E%9F%E4%BD%8F%E6%B0%91%E6%97%8F%E5%8F%A3%E5%82%B3%E6%96%87%E5%AD%B8%E6%A6%82%E8%AA%AA(%E7%AC%AC%E4%BA%8C%E8%AC%9B%E6%B4%AA%E6%B0%B4%E8%82%86%E8%99%90%E7%9A%84%E8%A8%98%E6%86%B6).pdf)
11. 林務局 <http://www.tactri.gov.tw/htdocs/ppmtable/#cat7>

壹拾壹、誌謝

感謝賽夏族部落耆老風健福與日繁雄對於打火石文化的教導與芭蕉芯助燃物的處理指導，同時感謝清大師資培育中心傅老師給予實驗量測器材的技術支援與水田部落亞富長老的協助提供我們很多原住民材料進行實驗。