

# 第三屆原住民華碩科教獎 研究成果報告

團隊編號：2011041

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

華碩智慧台灣系列活動 2011 原住民  
華碩科教獎

清華與華碩網路原住民科展：  
「飛鼠部落」生態文化與科學智慧

竹筒禮炮的研究與製作  
作品說明書

參展團隊名稱	花蓮縣自強國中隊
團隊指導 教師教授	劉德旺
	李秀蘭
參展團隊成員	劉芷綺
	耕莘·撒耘

中華民國 100 年 12 月 20 日

# 目 錄

- 壹、摘要-2
- 貳、研究動機-3
- 參、研究目的-3
- 肆、研究方法-3
- 伍、研究過程與討論-4
  - 一、國福部落豐年祭使用的竹筒砲訪談紀錄-3
  - 二、刺竹的研究-5
  - 三、電土的研究-7
  - 四、親手製作竹筒炮原型-9
  - 五、『塏』（台語）水果-18
  - 六、自製電火燈-22
  - 七、不同材質的竹筒、電土加水反應時間、同竹筒口徑與高度、新採竹筒和乾的竹筒炮聲反應的實驗研究-28
- 陸、結論-33
- 柒、參考資料-35
- 捌、誌謝-36

## 一、摘要

早期的原住民部落裡，台灣原住民會利用竹筒炮的聲響，驚嚇在森林野地間的野獸，使他們慌忙間掉入陷阱，耆老說：自從有了耕作技術後，竹筒炮也成為農民們用來利用，用它的巨大聲響嚇走偷吃五穀的鳥隻；還有另一個傳說是，早期原住民部落為防止土地被侵占，便利用竹筒炮的巨大聲響來嚇阻侵略者，讓人以為是火藥炮而不敢接近。時代變遷，現在的竹筒炮則是利用來歡迎貴賓或用在一些喜慶場合上歡迎親朋好友。在國際禮儀上，我們知道有國外總統蒞臨國內時，會施放 21 響禮炮，由於總統曾多次說過現今社會是人民當家，所以每當有貴賓蒞臨參訪時，社區也以高規格的方式施放禮炮 24 響，比國家元首多 3 響的炮響歡迎貴賓，以彰顯一般人民的熱情迎賓。

部落頭目有鑒於許多喜慶的場合多會使用到鞭炮，在偶然的機會下想到到竹筒炮，便突發奇想：何不利用竹筒炮來代替傳統的鞭炮，不僅環保也不會製造垃圾且又安全，進而慢慢研發出現在的竹筒禮炮。早期剛開始研發的時候也是歷經了多次的實驗才有今天的成果，以前常常貴賓到達時放不響，等貴賓走了之後才放得嚇嚇叫，令人啼笑皆非。我們從研究中發現竹筒炮的發聲原理是利用**碳化鈣**，也就是人稱**電石、電土**的一種東西，接著將電土放到竹筒炮中，加入水產生化學變化，產生一種**乙炔的氣體**，待氣體充滿竹管之中後再使用火苗來點燃，進而產生氣爆的聲音。經實驗發現，影響聲音大小的因素有很多，電土量、水量、等待的時間往往都是決定聲音大小的重大因素，因此以下的實驗讓我們的週休假期過得又充實又驚心動魄。

## 貳、研究動機

今年豐年祭，我們在花蓮市的國福部落看見了一種很特別的東西：幾根粗壯的竹子架在一起，弟弟還以為是擔子，還在下面跑來跑去的做出蹲姿想擔擔看。一旁的耆老看了，緊張的大聲說：那是竹筒炮！要小心，別太靠近。可是，我們一點也看不出來。後來他們做了幾個動作之後，每一根竹筒分別發出巨響，還在竹口頂端處發出類似炮火的火光，著實嚇了我們一大跳。我們覺得好有趣又刺激，因此想研究看看，竹筒炮其中的奧妙。

## 參、研究目的

- 一、觀察與研究竹筒禮炮的製作方法與原理
- 二、檢測竹筒禮炮內電土的性質
- 三、研究與製作電土燈
- 四、操作並學習使用竹筒禮炮的方法
- 四、研究竹筒禮炮使用的材料種類並加以比較研究

## 肆、研究方法

- 一、本研究採用專家訪談以及實做的方式進行，並進一步實驗且驗證原住民竹筒禮炮的製作方法與原理。
- 二、訪談對象為我們熟悉的部落耆老：劉德旺老師和陳老師，兩位指導老師均是從小在部落長大，非常熟悉部落的事務，而且就近指導我們從事竹筒禮炮的研究與實驗製作。
- 三、訪談問題：參考研究日誌臚列如下
  - 1、傳統竹筒禮炮的製作方法與原理。
  - 2、研究竹筒禮炮使用的材料種類並加以比較研究
  - 3、研究竹筒禮炮使用的電土並加以比較研究
- 四、進行各項實驗研究：
  1. 實地進行禮炮的製作
  2. 電土的研究與製作電土燈
  3. 竹筒禮炮在不同的變因下研究其聲響的變化

## 伍、研究過程與討論

### 一、國福部落豐年祭使用的竹筒砲訪談紀錄

暑假的最後一天（100年8月29日星期六），我們參加花蓮市中山路底國福部落的豐年祭。其中最引起我們注意的就是以前從沒看過的巨型竹架。本來以為只是一般的竹架，經過耆老解說才發現它竟是可以用來發射砲火用的竹筒砲。

部落耆老說：距今約一百五十年前左右，當時中國清朝派員東來，要求部落歸順清朝。但是部落青年階級領袖並不同意清朝此要求，便通知所有青年在部落邊搭建石牆進行防禦。另由耆老帶領老弱婦孺退至部落東邊的山上避難。

清朝派兵攻打時，有火槍和可遠距離發射之砲彈，而部落僅有番刀。以前在還沒有電燈時，先民使用碳化鈣（電土）加水產生乙炔氣體後點火燃燒，作為照明用（此燈具稱為 BaRauRauWon）。所以相傳階級青年們就利用這個原理，製作出竹筒砲的原型。

竹筒砲並沒有殺傷力，僅能發出強大聲響作為嚇阻之用，青年便在防守的石牆上挖洞，讓竹砲部分伸出，點燃竹砲，使得在遠處攻打之清兵以為部落也有攻擊的火力，便開槍發射火砲彈藥，等待彈藥放盡，階級青年們便率眾殺出，以番刀和清兵近身搏鬥，最後擊退清兵獲得勝利。這就是部落竹砲的由來。

後來竹筒砲也用來嚇阻山豬或鳥類；當農作物要收割時，為了避免鳥類、山豬盜食，以竹砲燃放的巨響，嚇阻山豬、鳥類靠近農作物。

如今豐年祭，竹筒砲則有另外功能，一則作為通知附近部落我們要豐年祭了，另外則是作為歡迎嘉賓蒞臨參加豐年祭的意思。

竹筒砲製作過程：

- 一、上山尋找「刺竹」(FiDuNai)，採下後將竹子關節有刺之處削平。
- 二、整支竹筒有節處打穿為砲口，最底下的一端保留不打穿，做為放置電土用。

- 三、以工具（鋤頭的木柄等）打通每節竹段之間的關節。
- 四、在竹筒打穿之一端，距離尾端竹節約二公分處，在竹面上鑿一個孔。
- 五、用其他的木材或竹材作倒「Y」字形腳架，支撐竹砲管用。

竹筒炮燃放過程：

- 一、在竹面上之圓孔放置電土。
- 二、放入水後，用布塊將圓孔蓋起來，不留空隙。
- 三、蓋上布塊時間約為七秒至十秒。
- 四、用火把或線香點火。（一次電土量約可重複點燃七至八次，但效果也愈來愈差）。

照片說明：



上山尋找「刺竹」(Bidonen)，採下後將竹子關節有刺之處刨平。整支竹筒一端打穿為砲口，另一端打穿不保留做為放置電土用。



打通每節竹段之間的關節，以鋤頭的木柄或其他工具作為打穿竹節處的工具。



在竹筒未打穿的一端，距離尾端竹節約 3 公分處，在竹面上鑿一個 5\*5 公分左右的方孔。

## 二、刺竹的研究

耆老說：

刺竹（奇萊語：Bidonen）是高大、竹桿密集叢生的竹子，竹桿基部的小枝條會變成刺，因此得名。尤其是乾早期越長的環境，鞭條狀的刺越多而密集。相傳我們古時的部落—達固胡灣的部落，周圍都種植刺竹，因此有稱為部落的圍牆。

刺竹一直都是村落集體防禦工事中，自環境取材的最佳選擇，許多部族未築磚牆前，也是以刺竹當城牆。刺竹主要生長於的丘陵地，是季風型氣候冬季乾旱少雨的代表性植物，尤其在保水能力差、土地又貧瘠、人類很難做其他用途的山區，更是最發達的區域。在過去的年代，刺竹是重要的竹材、炭薪的來源，也是蓋房屋的建材。

用途：

1. 食用：食物，竹筍可食用
2. 建材：竹身昔日多半做為草屋的樑柱，亦可用於家具和農具的製造。
3. 防風防盜用：可作圍牆，具有防禦功能。
4. 藥用：筍利尿閉症，嫩葉敷皮膚潰瘍。

莖：叢生，莖高 15-20 公尺，有明顯而膨大的竹頭，靠近頭部莖節短而節間孔洞細小，愈往高處節間愈長，每節可達 40~50 公分，下半部密生有刺小枝。籜在莖幹下不較明顯，籜耳及籜舌發達，籜葉三角形，節顯著；枝節上具有短刺 1 ~ 3 或縮短枝。

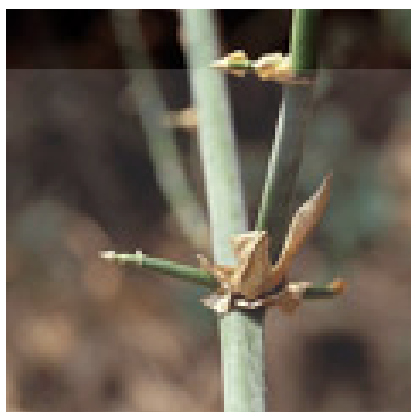
葉：葉子有短柄，先端尖尖的，基部接近圓形，邊緣有毛，而且葉子中間的葉脈很明顯。葉長 10~15 公分，寬 1.5~2.5 公分。

花：每個竹節都有交纏的刺竹，花由小穗上多數的花組成。

果實：穎果，橢圓或長橢圓形。

特性：高大、竹桿密集叢生的竹子，竹桿基部的小枝條會變成刺，因此得名。

照片一



照片說明：刺竹為叢生，莖高 15-20 公尺，有明顯而膨大的竹頭，靠近頭部莖節短而節間孔洞細小，愈往高處節間愈長，每節可達 40~50 公分，下半部密生有刺小枝。籜在莖幹下不較明顯，籜耳及籜舌發達，籜葉三角形，節顯著；枝節上具有短刺 1 ~ 3 或縮短枝。



用以安定土岸防止土壤沖刷崩落，兼有標定地界之圍籬植物。早年多用來栽種於村落、住家之四周，因為竹子有刺，可當作鐵絲網防禦敵人的入侵。

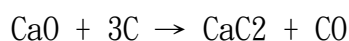
### 三、電土的研究

#### (一) 電石和電土

1. 電石別名電土，主要成分是碳化鈣（英文：Calcium carbide），異名乙炔鈣，化學式 $\text{CaC}_2$ 。電石是一種呈綠色或灰黑色的粉末或塊狀固體，帶有大蒜味，工業上常用電石與水混合製取乙炔氣體；亦被應用於冶煉工業，作為還原劑和脫硫劑。



2. 電石可由生石灰(氧化鈣)與碳混合後在電爐中加熱至約 2000 °C反應製得。



3. 碳化鈣如直接與眼睛接觸，可能會引致流淚、結膜發紅等不適情況。如吸入碳化鈣可引致劇烈咳嗽及鼻痛，或可引致上呼吸道嚴重不適。如誤服可導致腸胃不適，亦可能會損害肝臟及腎臟等器官。如碳化鈣液體接觸到濕潤的皮膚，會刺激及灼傷皮膚。

照片說明：電土  $\text{CaC}_2$



電石的模樣：灰黑色晶體

## (二) 電土有哪些功能？

1. 30 年代左右，電土是晚間很常用的照明設備!也是用來催熟水果的催化劑。

俗稱電土，學名為碳化鈣，於放入電土燈的底層，上層加滿水，將水以慢速度滴入電土，待電土接觸到水或潮溼空氣時會產生乙炔氣，再以火種引燃，火的亮度以滴入電土的水大小作為控制，因材料成本低，照明時間又能持久，因此，成為山區住民家庭必需品。

電土除了可供照明外，也被運用於鳳梨叢催果及香蕉的催熟材料。電石的用量約 200 公克配 20 公斤果實，再將硬熟的果實置於箱內後以水泥紙包紮密封，不可漏氣。

2. 在常溫常壓下，乙炔為無色可燃氣體，純乙炔沒有氣味，但工業用乙炔因含有磷化氫等雜質，具有強烈的大蒜刺激性氣味。乙炔比空氣輕，能與空氣形成爆炸性混合物，極易燃燒和爆炸。

## (三) 電土哪裡買

都會區比較沒有(沒人需要所以沒人賣)，有果園區較多有人賣。賣農具用品的五金也會有，及農村的雜貨店。

## (四) 電土燈的樣子

電土燈又稱電土火，是早期農民夜間巡田、捉青蛙、挖竹筍，原住民誘捕

獵物時的照明器具。「電土燈」則不怕風，它以「電土」加水產生氣體，噴出口以火點燃，即燃燒產生火光，它的缺點，因會產生惡臭氣體，不適合在室內或密閉空間使用。

我們原住民稱電土燈為 gas ，是直接由瓦斯音譯而來，因為以前老人家認為電土所產生的氣體為瓦斯氣。夜間上山打飛鼠，當電土燈的燈光照到飛鼠，飛鼠的眼睛會閃閃發亮，獵人很容易鎖定目標打下飛鼠。

照片說明：「電」光「石」火



電土燈座通常以鉛片或銅皮鑄造而成，分為上下二層，上層裝水，下層放置電石；上層底部有活門控制水量，讓上層的水慢慢滴到下層的電石。電石最好敷蓋一層布，使水能慢慢平均沾於電石上，電石遇水後發生化學反應，產生可燃的氣體——乙炔，乙炔氣就會從燈口細孔噴出，於氣口出處點火引燃便可發光。燈口噴嘴處設有開關控制閥，控制電石氣的流量，亦即火燄之大小。注意電石份量不可太多，水也不可滴得太快，否則電石氣產生太多太急，導致火焰太大，會有危險。

資料來源：<http://subtpg.tpg.gov.tw/web-life/taiwan/content9904.html>

台灣月刊

#### （五）電土燈製作

- 1 剪裁一個空的優酪乳空瓶成為容器。瓶蓋挖洞，再將玻璃滴管放入瓶蓋，再用紙黏土密封接縫。
- 2 在瓶內放入少許的水。
- 3 放置一小塊碳化鈣（電石）在優酪乳空瓶中。
- 4 待有氣體冒出時，於玻璃細管上端點火即可燃燒並且產生火燄。此現象很像古早的電土燈。

器材

- 1 優酪乳空瓶一個和剪刀或小刀一支。

2 碳化鈣（電石） $\text{CaC}_2$  少許。

3 點火槍一隻。

4 玻璃滴管。

5 水量  $\frac{1}{3}$  杯。

實驗照片：



電土的樣子

#### 電土實驗

資料來源：石岡國中自然領域研習

[tw.myblog.yahoo.com/jw!9kT\\_Y\\_SBFx21PuuDz3Pr7og-/article?mid=178](http://tw.myblog.yahoo.com/jw!9kT_Y_SBFx21PuuDz3Pr7og-/article?mid=178)

#### 四、親手製作竹筒炮原型

竹筒炮是先把電石放入竹桶中再加水產生乙炔，再點火產生大量二氧化碳和水。即可產生巨大聲響。我們先上山鉅下竹子，依照陳老師教我們的方式，依個步驟一個步驟完成。

1. 竹筒約 1.5~2 米長(打通竹節但留最後一節，中段靠底部打一小孔)，聽說以「刺竹」為最佳材料，然後我們將竹子關節有刺之處削平。
2. 整支竹筒一端打穿為砲口，另一端保留兩個竹節不打穿。
3. 打通每節竹段之間的關節，以鐵管作為打穿的工具。
4. 在竹筒未打穿之一端，距離尾端竹節約二~四公分處，在竹面上鑿一個圓孔。
5. 電土少許
6. 水... 大約一小杯（汽水瓶蓋，10 毫升）
7. 用不悶住七至十秒（手會感到熱）
8. 用火點燃
9. 最後，就會從竹口上方發出砲聲了
10. 一次電土量約可重複點燃七至八次。

原理就是電土跟水反應會產生乙炔，乙炔易燃，跟空氣以相當混合就能製造出爆炸的效果。

11. 竹筒可以重複使用。如果上一次使用破裂就不能再用了！只要不潮濕而且使用後放在陽光下小曬在陰乾即可。

照片說明：



陳老師帶著我們到花蓮縣壽豐鄉池南尋找他種植多時的烏腳綠竹，要成長至少四年以上的竹子才適合做竹筒炮喔！



我們利用傳統的獵刀刀背去除竹子多餘的枝幹。



去頭去尾後，找到適合做為放置電石的位置。



決定放置電石位置後決定洞口的大小，用刀鑿孔。



竹孔的位置再結的上方約五公分處，電土的量才夠放。



放置足夠的電土。



將竹筒用石頭固定好。



用其他工具固定竹筒也可以。



取足夠的水量：約一瓶蓋 10c. c 左右放入電土內。(後來我們發現 6c. c 效果最好)



用毛巾將竹孔悶住十秒鐘，手心感到微熱。





陳老師位我們講解點火的要訣，以策安全。



點火後竹筒炮發出巨響，這時竹孔內仍有餘火，竹筒上則有餘煙。



剩下的電土我們放入啤酒罐內繼續點火，沒想到火光熊熊，電土遇水則不斷發火呢！



燒過後的電土顏色變淺了。



這是原來電土的模样。



打通竹結是需要真功夫的。

討論：

台灣自生的竹子種類有 20 種，而引進種亦甚多，在此僅介紹一般民間生活中常見及常用的 4 種：

1. 烏腳綠竹：為台灣特有種，產於北部低海拔地區，其筍枝形狀與綠竹筍相似，其籜革質，密生黑色毛茸，呈淡綠黑色，故名"烏腳綠"，又名"鬚綠"，其嫩筍味美，亦主為食用性，但供應量不似綠竹筍般豐。
2. 綠竹：根莖粗短，稈叢生，節間短，節上密生褐色毛茸，其筍味美，為重要的菜蔬之一，故全省普遍栽植，主供採筍用，採筍期約在 3~8 月，筍價高。
3. 桂竹：屬散生竹類，地下莖多為實心，根莖橫走而延伸，節有明顯的二個環，

上環較隆起，產於台灣北、中部海拔 100~1000 公尺，常形成廣大面積的竹林，為台灣產量最多的一種，其材質細緻堅韌，富彈性，乃為編織用的上等材料，其筍籜狹長，具暗褐色塊狀斑紋，用途甚廣，可用於包粽子及作斗笠等，其筍細長供食用，竹稈是製作圓管傢俱的好材料，皮硬、抗彎、強度大，竹篾供編織之用途極廣，如米籃、畚箕、魚簍、毛蟹籠等，近年造紙因松、鐵杉等之原料供不應求，常以桂竹代替之，由於其繁殖迅速故；其筍可食，春天採筍。

4. 麻竹：為台灣竹類中最大者，稈高可達 20~30m，徑達 30 公分，節間長達 60 公分，其材質柔軟粗糙肉厚，唯節較硬，不易劈裂且甜份高，故又名"甜竹"，但易遭蟲蛀，一般取不過竹節的長度編織器物，其筍可供食用，主要為製成筍乾及桶筍，竹材供製農具、建築用鷹架、竹筏等大型用具，其葉用來包粽子。

## 五、『塭』（台語）水果

（一）為了追根究底，我們決定好好的認識電土這個玩意兒！

我們先到花蓮市找賣店土的地方，皇天不付苦心人，終於被我們找到：花蓮市中福街 212 號的金山行，一斤 50 元，後來我們決定買一整筒二十公斤 650 元，不但有現成的桶子提供密封保護，而且比較便宜，方便我們後面要進行的一連串的實驗以便控制便因。

（二）接著我們又去買水果：綠色的木成熟的，包含芭蕉、香蕉、檸檬、橘子等四樣。

（三）照片說明：

這是一串香蕉



將香蕉分成四串，平均擺入紙箱四周，中間留下空隙。



取出電土放到牛奶罐，擺進紙箱中間。



電土的量是水果重量的十分之一：400/4000，這是金山行老闆娘講的。



我們取一百毫升的水（半碗左右）倒入電土罐內，這時，電土愈水開始冒煙。



我們想這就是熱氣的來源吧！



最後，趕快將紙箱封起來，不要讓熱氣外漏。



放置一天後（24 小時）開箱檢查水果的樣貌。



最先黃的是：香蕉，其他的又些變化但不明顯，尤其是檸檬，我們猜想是否因為果皮的厚度影響？



只有一天，電土都因化學變化已化成灰燼了！



我們決定再重複前面的步驟，加量比值為 2/10，在置放一天。

結果是：

香蕉和芭蕉熟透了，橘皮成微黃色，檸檬也出現了淡淡的黃色。

所以我們得知：電土的量加上時間和催熟水果的速度正比。

老闆娘提醒我們：取出的水果趕緊用冷水浸泡，再分開讓水果陰乾，否則電土的味道相當難聞，影響賣相，這點很重要喔！



完成

這些步驟，一切大功大功告成啦！

## 六、自製電火燈

電土燈又稱電土火，是早期農民夜間巡田、捉青蛙、挖竹筍，原住民誘捕獵物時的照明器具。「電土燈」則不怕風，它以「電土」加水產生氣體，噴出口以火點燃，即燃燒產生火光，它的缺點，因會產生惡臭氣體，不適合在室內或密閉空間使用。

因此，我們覺得很有趣，便決定也來動手做做看。我們準備一般的飲料鐵罐，以及在十圓商店買到的空瓶作為實驗的器材。

四個鐵罐依序放入四分之四 (a)、四分之三 (b)、四分之二 c ( )、四分之一 (d) 的電土。另外有兩個從十圓商店買的封口空瓶罐，依序放入四分之四 (e)、四分之二 (f)、的電土。最上面的封蓋有約一厘米寬的噴口。

### 實驗結果發現：

(一) 自製電土燈燃燒五分鐘的狀況。火量大小最好的【鐵罐組】依次是： $c > a > b > d$ ，瓶裝組則是： $e > f$

自製電土燈燃燒十分鐘的狀況。火量大小最好的【鐵罐組】依次是： $a > c > b > d$ ，瓶裝組則是： $e > f$

自製電土燈燃燒-二十分鐘的狀況。瓶裝組則是： $e > f$ ，

自製電土燈燃燒-三十分鐘的狀況。火量大小最好的【鐵罐組】：全熄滅，瓶裝組則是： $e > f$ 。

自製電土燈燃燒-三十分鐘的狀況：瓶裝組則是： $e > f$ 。

自製電土燈燃燒-五十分鐘後我們重新裝入 30 豪升的水後的狀況：瓶裝組則是： $e > f$ 。

結論：

1. 瓶口大小會影響電土燈燈火的持久度，瓶口愈小愈持久。
2. 相對的瓶口愈大燈火也越大，但卻不持久。
3. 電土量也會影響電土燈的燈火狀況。



(二) 瓶裝組依次是： $c > a > b > d$ ，但是我們發現：

1. 瓶裝組裡的電土敲得較細，所以全滿的火量較小，二分之一電土量的火量較大，有可能因為敲得細而影響水分及空氣的流通，所以全滿的 f 瓶火量較小。
2. 鐵罐組因為開口較大，電土顆粒也較大，因此，全滿的 a 瓶火量最大，不受影響。

照片說明：

地點：花蓮縣吉安鄉福興村

日期：100.11.27 上午



我利用空的鋁罐四個，先將開口部分用開罐器割開。



開口部分較堅硬，得先抓好方向利用開罐器的原理慢慢割開。



有些電土太大塊，我用手邊的槌子慢慢敲細。



四個鐵罐依序放入四分之四 (a)、四分之三 (b)、四分之二 (c)、四分之二 (d) 的電土。另外有兩個從十圓商店買的封口空瓶罐，依序放入四分之四 (e)、四分之二 (f)、的電土。最上面的封蓋有約一厘米寬的噴口。



我們在十圓商店逛街時發現，這兩只瓶口只有兩公分寬的玻璃瓶，聽老闆娘說：這兩只瓶子是用來裝調味料的。我們則是想用來製作電土燈的，因為它上面的蓋子不但可以旋轉，而也有洞口，實在太適合做為電土燈的材料了。



我們依序倒入 30 毫升的水後，點火。四分之一的鐵罐因為不好點火，很快就熄滅了，我們應用噴槍再度噴水希望火苗能再起來。



自製電土燈燃燒五分鐘的狀況。火量大小最好的【鐵罐組】依次是： $c > a > b > d$ ，  
瓶裝組則是： $e > f$



自製電土燈燃燒十分鐘的狀況。火量大小最好的【鐵罐組】依次是： $a > c > b > d$ ，  
瓶裝組則是： $e > f$



自製電土燈燃燒二十分鐘的狀況。瓶裝組則是： $e > f$ ，



自製電土燈燃燒-三十分鐘的狀況。火量大小最好的【鐵罐組】：全熄滅，瓶裝組則是： $e > f$ 。



自製電土燈燃燒-三十分鐘的狀況：瓶裝組則是： $e > f$ 。



自製電土燈燃燒-五十分鐘後我們重新裝入 30 毫升的水後的狀況：瓶裝組則是： $e > f$ 。

## 七、不同材質的竹筒、電土加水反應時間、同竹筒口徑與高度、新採竹筒和乾的竹筒炮聲反應的實驗研究

### (壹) 準備工作

(一) 購買PVC 管兩支；「竹筒」兩支，截取不同口徑(取6.5、12.5 公分)及不同長度(取150、200 公分長)。

(二) 噪音計，以客觀紀錄每次燃放音量

(三) 製作各式紀錄表格、採購相關材料(電土、竹筒、PVC 管、打洞、火把、封口)

### (貳) 實驗驗證

#### 一、控制變項一：竹筒與 PVC 管的比較

(一) 可能變因：竹筒材質、口徑、高度，電土量，加水量，電土與水反應時間

(二) 控制變項一：竹筒材質

1. 固定變項：竹筒口徑5cm；電土20g；水6c.c.；反應時間7 秒)，

2. 實驗數據：(噪音計與竹筒炮距離固定為7.5M)

(三) 發現：竹筒的共鳴效果比PVC 管好。

#### 二、控制變項二：反應時間

1. 固定變項：竹筒；竹筒口徑6cm、高度200cm；電土20g；水6c.c.

2. 實驗數據：(噪音計與竹筒炮距離固定為7.5M)

(三) 發現：反應時間以七秒鐘最佳。

#### 三、控制變項三：竹筒口徑

1. 固定變項：竹筒高度200cm；電土20g；水6c.c.；反應時間7sec

2. 實驗數據：(噪音計與竹筒炮距離固定為7.5M)

3. 口徑6.5cm、12.5 cm

音量(分貝)

最大值 110 75

發現：竹筒口徑以12.5cm 最佳。

#### 四、控制變項四：竹筒高度

1. 固定變項：竹筒口徑12.5cm；電土20g；水6c.c.；反應時間7sec

2. 實驗數據：(噪音計與竹筒炮距離固定為7.5M)

高度 150 200 cm

最大值 89 115

發現：竹筒高度以200cm 最佳。

#### 五、控制變項五：竹筒乾濕度

1.固定變項：乾、溼竹筒口徑12.5cm；電土20g；水6c.c.；反應時間7sec

2.實驗數據：(噪音計與竹筒炮距離固定為7.5M)

高度200 cm 200 cm

最大值 89 115

發現：竹筒以濕-新採者最佳。

(參) 討論

一、直筒狀容器，要夠大的取得不易，所以本實驗只以竹筒與PVC 管作為材質不同之探討，更詳細之研究可留待下次實驗。而竹筒的共鳴效果比PVC 管好很多。

二、電土的成分是否夠純，影響乙炔氣體產生的速度與數量，因此本實驗採用同一批購買之電土(20g)，使其可能產生之誤差降至最低。

三、加水量也可能影響乙炔氣體產生的速度與數量，因此本實驗每次固定加同量的水(6CC)，以確保每次產生氣體之速率。

四、實驗失敗的次數很多，探究原因應是乙炔氣與空氣混合不均所造成，同一系列實驗，我們採測量所得之最大值，以反映實驗可能產生誤差之情形。

五、過長或太細的竹筒，較容易失敗(只有火焰沒有音爆)可能是因為乙炔與空氣混合不均，無法產生劇烈空氣碰撞。

(肆) 結論

一、竹筒的共鳴效果比好很多。

二、反應時間以七秒鐘共鳴效果最佳。

三、竹筒口徑以12.5cm 共鳴效果最佳。

四、竹筒高度以200cm 共鳴效果最佳。

五、竹筒以濕-新採者較乾竹筒者最佳。



我們用量尺測量放置電土的口徑，以控制變因。



耕莘正用量尺測量竹筒的高度，以控制變因。



我們在耆老的田裡採集足夠的竹筒，以便實驗研究。



哇！這兩個竹筒的口徑雖一致，但切割的高度不同，恐怕會影響實驗結果.....，只好重新來一遍了。





左有兩個是不同材質的直筒，竹壁的大小也是變因之一，值得我們繼續實驗研究和探討。中間則是PVC 管的口徑，你們發現甚麼秘密了嗎？



PVC 管的口徑雖然算好切割，但最大的問題是沒有竹節可以放電土.....  
得好好想個法子解決。



採的竹筒裡就這根最大，竹筒口徑有12.5公分。耆老說這是今年以來長得最好的竹子，跟這幾年豐沛的雨量有關係。



我們雖沒有借到噪音計，但是劉老師聰明的從網路上成功的下載分貝記錄器。



我們按照紀錄上的標準程序記錄下各炮筒的噪音數據，我負責報讀秒數，芷綺負責點火，弟弟飛亞則成功的報讀噪音數據，他的參與從頭到尾都覺得有趣呢！



Pvc筒雖隨處可買，但不適合做為竹筒炮的替代品。一是因為它沒有放置電土的位置，劉老師和耆老陳老師正討論如何放置電土的問題，最後決定用大小剛好的玻璃瓶。但是加水時水會流出來，因此有將玻璃瓶套上塑膠袋，再塞入管下方出口處做為電土的放置處，麻煩得很。二是實驗數據不明朗：幾乎每一次都失敗，只冒黑煙砲聲，我們的結論是，竹筒內的每一個節，打通時的大小可以成為炮聲大小的變因之一，值得我們繼續探討與研究。

大發現：



實驗結束後，我們利用剩下的電土又開始玩起電土燈的遊戲，將剩下的一節竹筒和窄口平做比較，寬口的竹筒火量大但不持久。窄口瓶雖持久，但瓶子終會因熱而破裂……，最後我們再利用另一節竹筒，中間挖個小孔套在中間的竹筒燈上，再次點火，沒想到火竟然又燒了起來，真是一個環保又安全、可回收利用的電土燈呢！我們高興的和老師、耆老們分享我們的新發現，決定下次火神祭就用環保電土燈做為我們的環形劇場亮點。

## 陸、結論

一、以前在還沒有電燈時，先民使用碳化鈣(電土)加水產生乙炔氣後點火燃燒，作為照明用(此燈具稱為 BaRauRauWon)。所以相傳階級青年們就利用這個原理，製作出竹砲的原型。

二、刺竹(奇萊語: Bidonen)是高大、竹桿密集叢生的竹子，竹桿基部的小枝條會變成刺，因此得名。尤其是乾早期越長的環境，鞭條狀的刺越多而密集。相傳我們古時的部落—達固胡灣的部落，周圍都種植刺竹，因此有稱為部落的圍牆。

### 三、電土的研究

1. 電石別名電土，主要成分是碳化鈣(英文: Calcium carbide)，異名乙炔鈣，化學式CaC<sub>2</sub>。電石是一種呈綠色或灰黑色的粉末或塊狀固體，帶有大蒜味，工業上常用電石與水混合製取乙炔氣體；亦被應用於冶煉工業，作為還原劑和脫硫劑。

2. 電石可由生石灰(氧化鈣)與碳混合後在電爐中加熱至約 2000 °C反應製得。  

$$\text{CaO} + 3\text{C} \rightarrow \text{CaC}_2 + \text{CO}$$

### 四、製作竹筒炮原型

竹筒炮是先把電石放入竹桶中再加水產生乙炔再點火產生大量二氧化碳和水。即可產生巨大聲響。

1. 竹筒約 1.5~2 米長(打通竹節但留最後一節，中段靠底部打一小孔)

以「孟宗竹」為最佳材料，採下將竹子關節有刺之處削平。

2. 整支竹筒一端打穿為砲口，另一端保留兩個竹節不打穿。
3. 打通每節竹段之間的關節，以鐵管作為打穿的工具。
4. 在竹筒未打穿之一端，距離尾端竹節約二~四公分處，在竹面上鑿一個圓孔。
5. 電土少許
6. 水... 大約一小杯（汽水瓶蓋）
7. 用不悶住七至十秒（手會感到熱）
8. 用火點燃
9. 最後，就會從竹口上方發出砲聲了
10. 一次電土量約可重複點燃七至八次。

原理就是電土跟水反應會產生乙炔，乙炔易燃，跟空氣以相當混合就能製造出爆炸的效果。

五、『塭』（台語）水果實驗結果發現：

1. 最先黃的是：香蕉，其他的有些變化但不明顯，尤其是檸檬，我們猜想是否是因為果皮的厚度影響？
2. 電土量與水果量的比值為 2/10，在置放一天後，結果是香蕉和芭蕉熟透了，橘皮成微黃色，檸檬也出現了淡淡的黃色。所以我們得知：電土的量加上時間和催熟水果的速度成正比。

六、自製電火燈

電土燈又稱電土火，是早期農民夜間巡田、捉青蛙、挖竹筍，原住民誘捕獵物時的照明器具。我們準備一般的飲料鐵罐和拾元商店買到的玻璃瓶，來作為電火燈的實驗材料。

實驗結果發現：

1. 瓶口大小會影響電土燈燈火的持久度，瓶口愈小愈持久。
2. 相對的瓶口愈大燈火也越大，但卻不持久。
3. 電土量也會影響電土燈的燈火狀況。

七、竹筒變因的實驗與研究，我們發現：

一、直筒狀容器，要夠大的取得不易，所以本實驗只以耆老田裡可採的竹筒與PVC管作為材質不同之探討，更詳細之研究可留待下次實驗。而竹筒的共鳴效果比PVC管好很多。

二、電土的成分是否夠純，影響乙炔氣體產生的速度與數量，因此本實驗採用同一批購買之電土(20g)，使其可能產生之誤差降至最低。

三、加水量也可能影響乙炔氣體產生的速度與數量，因此本實驗每次固定加同量的水(6CC)，以確保每次產生氣體之速率。

四、實驗失敗的次數很多，探究原因應是乙炔氣與空氣混合不均所造成，同一系列實驗，我們採測量所得之最大值，以反映實驗可能產生誤差之情形。

五、過長或太細的竹筒，較容易失敗(只有火焰沒有音爆)可能是因為乙炔與空氣混合不均，無法產生劇烈空氣碰撞。

最後的結論是：

一、竹筒的共鳴效果比PVC 管好很多。

二、反應時間以七秒鐘共鳴效果最佳。

三、竹筒口徑以12.5cm 共鳴效果最佳。

四、竹筒高度以200cm 共鳴效果最佳。

五、竹筒以濕-新採者較乾竹筒者最佳。

六、Pvc筒雖隨處可買，但不適合做為竹筒炮的替代品。一是因為它沒有放置電土的位置，劉老師和耆老陳老師正討論如何放置電土的問題，最後決定用大小剛好的玻璃瓶。但是加水時水會流出來，因此有將玻璃瓶套上塑膠袋，再塞入管下方出口處做為電土的放置處，麻煩得很。二是實驗數據不明朗：幾乎每一次都失敗，只冒黑煙砲聲，我們的結論是，竹筒內的每一個節，打通時的大小可以成為炮聲大小的變因之一，值得我們繼續探討與研究。

## 柒、參考資料

一、電土燈資料來

源：<http://subtpg.tpg.gov.tw/web-life/taiwan/content9904.html> 台灣月刊

二、刺竹筒與綠竹筒

<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1509032007888>

三、額外話題—電土的另外作用

<http://blog.tyc.edu.tw/b/saes2006/post/99/635>

四、八十九年度國科會專題研究:原住民生活世界的 科學-電土燈篇 傅麗玉

(1999a, 1999b, 2001) <http://blog.tyc.edu.tw/b/saes2006/post/99/635>

五、維基百科，自由的百科全書

<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%88%BA%E7%AB%B9>

六、台灣原住民數位博物

館 <http://www.dmtip.gov.tw/Aborigines/Article.aspx?CategoryID=6&ClassID=23&RaceID=1>

八、風雲人

物 <http://cyberfair.taiwanschoolnet.org/newspaper/1115/mb.htm> -

003/01/16

## 九、台灣月刊

<http://subtpg.tpg.gov.tw/web-life/taiwan/content9904.html>

## 十、石岡國中自然領域研習

[tw.myblog.yahoo.com/jw!9kT\\_Y\\_SBFx21PuuDz3Pr7og-/article?mid=178](http://tw.myblog.yahoo.com/jw!9kT_Y_SBFx21PuuDz3Pr7og-/article?mid=178)

## 捌、誌謝

當寫到誌謝時，也代表我們的研究即將告一段落了，雖然還有很多值得我們進一步學習。回想在部落利用週休二日研究的點點滴滴，有歡樂也有因為停滯而帶來的悲傷，很感謝我們的老師劉德旺和李秀蘭老師悉心的教導，讓我們除了感受到人情的溫暖與部落科學上的學習精進外，更讓我們體會許多在書本上學不到的知識。更要感謝兩位一直提供我們材料和實驗場所的兩位耆老：住在壽豐鄉鯉魚潭山上的陳老師夫妻，對於研究過程中所提出的意見與指導，使得本報告能更趨近於完整。另外還要感謝一直在我們身邊默默陪伴與支持我們的家人：嚴苡嘉和林櫻花女士、督固撒耘先生還有可愛的弟弟飛亞和酷哥：高飛的陪伴，謝謝你們，讓我們這幾個月來在部落研究與討論的生活豐富且充實！



後記：我們實驗的場地旁邊，正開著紫色的美麗翼豆花，三個月前這塊土地本是荒涼一片，後來充滿了綠意，本來還以為只是一片荒煙蔓草的…。在這最後的時刻，沒想到不經意的一眼，這一片綠意竟然開花結果了，讓我們幾乎感動不已……。阿嬤說：「這叫做翼豆，我們原住民冬天的豆類蛋白質食補，她們迎風搖曳著花姿，在向你們道賀呢！」



耆老說：如果有幸得獎，我們要回到我們的sabado【巨石】祭場，好好的用米酒、檳榔、薑葉和糯米團（tonon）向天神及祖靈致敬，謝謝他們的保佑，讓我們平安順利的渡過每一天。