

屏東縣第65屆國中小學科學展覽會

作品說明書

科 別:生活與應用科學科(三) (含化學工程/環境科學)

組 別:國小組

作品名稱:南排灣vuvu龜甲屋頂的防水密技

關 鍵 詞:龜甲屋、茅葺屋頂、防漏

編號:A8019

南排灣vuvu龜甲屋頂的防水密技

摘要

這個研究想要了解南排灣族龜甲屋頂的防水原理，並用小的屋頂模型進行實驗，測試不同斜度和厚度對防水效果的影響。從實驗結果中，我們發現屋頂的斜度越大，水就越容易順著流下來，防水效果越好。當斜度為40度時，水滲透最少，殘留的水量最少。除此之外，增加屋頂的厚度也能延長滲水時間，但水可能會滯留在屋頂上，影響排水效果。因此，龜甲屋的建造需要找到最適合的斜度和厚度，才能達到最好的防水效果。

這次研究讓我們體會到vuvu們建造屋頂的辛苦，也發現傳統建築的智慧與科學原理息息相關。我們希望這些發現能帮助大家更了解排灣族的傳統建築，並將這些智慧傳承下去。

壹、前言

一、研究動機

一般人聽到排灣族的傳統家屋都會想到石板屋，也就是用石板建造的房子。但其實居住在南部的排灣族，因為當地建材的關係，會使用木頭、茅草和芒草等材料來蓋房子。這種傳統家屋又被叫做龜甲屋，因為它的屋頂蓋起來很像一個烏龜的殼。在自然課中，我們學過水的流動與建築設計，知道斜屋頂能讓雨水順勢流下，減少積水造成的影響。我們也學過植物的構造與適應環境的方式，例如芒草表面有蠟質，可以防止水滲進去，類似荷葉的疏水特性。所以我們想了解龜甲屋的屋頂是不是也運用了這樣的自然現象來防水。

因為南排灣的傳統家屋從以前到現在已經被破壞得很嚴重了，所以現在在部落很少看到這種房子。但我們希望可以重新認識以前vuvu（排灣語的祖父母輩）蓋的房子，並從科學的角度去探討它的智慧。在這次的研究中，我們從模擬龜甲屋的屋頂開始，透過觀察水的流動、測試不同斜度和厚度的防水效果，來了解這種傳統建築的科學原理。希望這樣可以更認識我們自己的文化，也告訴大家以前的vuvu們的防水密技。

二、研究目的

- (一)記錄龜甲屋屋頂的搭建方式和防水原理
- (二)測試龜甲屋屋頂不同斜度的防水效果
- (三)測試龜甲屋屋頂不同厚度的防水效果

三、文獻回顧

(一)南排灣龜甲屋(內文式家屋)

1. 建造方式

在許勝發(2023)的成果報告書中，我們發現他們模擬建造的龜甲屋包含疊牆、立柱、立板、放橫梁、放屋頂木板、架竹編網、製作茅草屋頂、製作內部設施等八個步驟，整體建造完的模型如圖1。



圖1:家屋實體模型 (1:20) 成品(許勝發, 2013)

因為這次的研究主要是以龜甲屋的屋頂為主，所以架竹編網和製作茅草屋頂對我們來說是最重要的。竹編網是用竹條交叉編成的，他像一個網子罩住屋頂的橫梁和木板，方便茅草在上面擺放，如圖2。

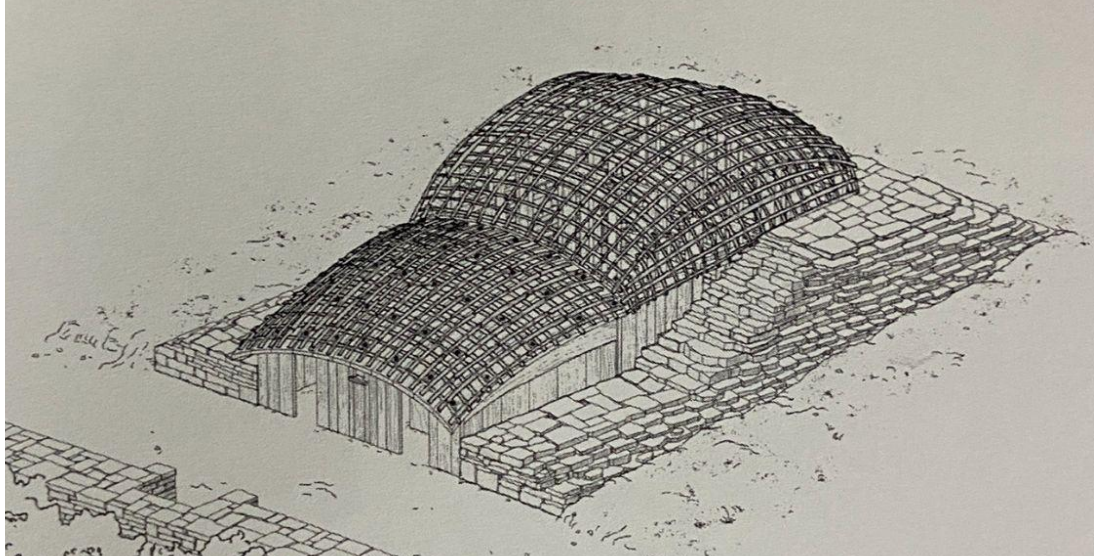


圖2: 竹編網(許勝發, 2013)

以前的vuvu會把曬乾的茅草綁成一束一束的, 再將茅草從前往後放在竹編網上, 茅草會自然垂掛在旁邊的疊牆上, 最後會再用木材或竹條把擺好的茅草壓住, 固定茅草, 不讓他飛起來, 如圖3。

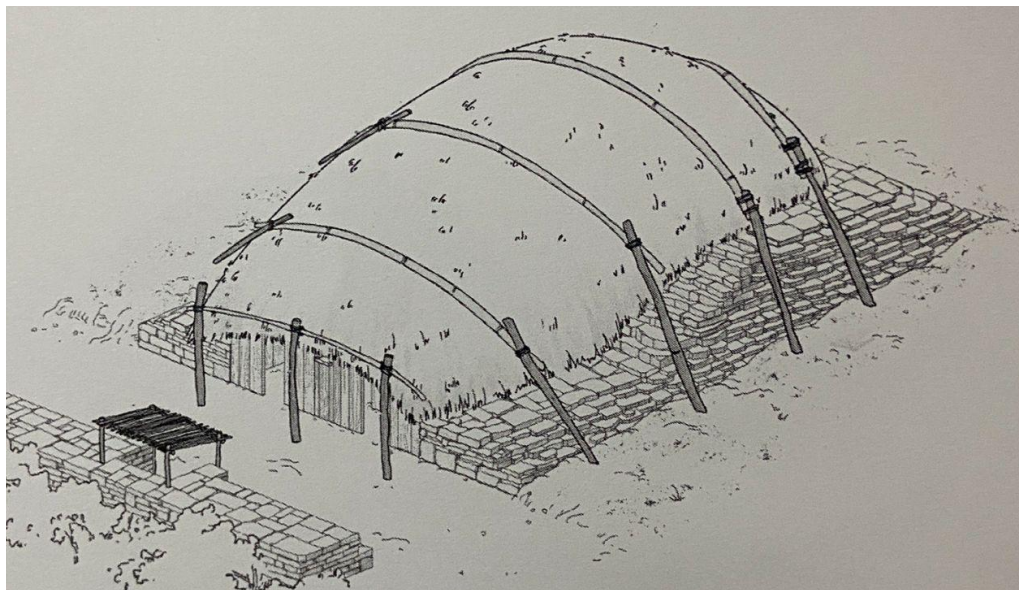


圖3: 茅草屋頂(許勝發, 2013)

2. 建材

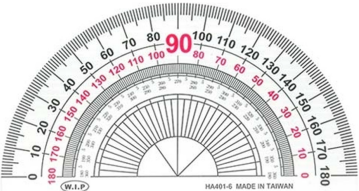
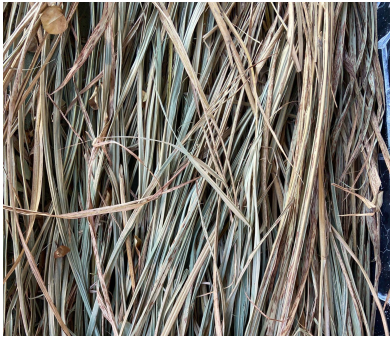
龜甲屋的傳統材料包含木頭、竹子、茅草及藤四種。用在屋頂的建材有芒草：五節芒 ljava 和白茅 ravuc 及竹：火廣竹及綠竹。這個研究主要是使用五節芒作為模擬屋頂的材料。

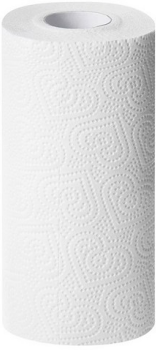
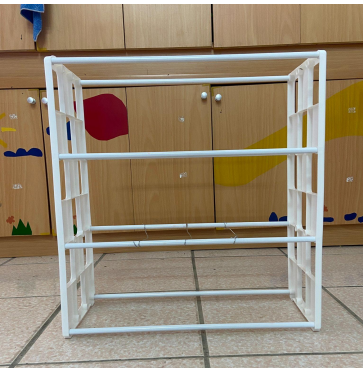
(二)有關茅草防水效果的研究

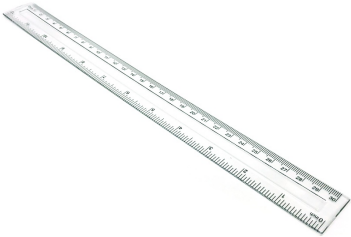
從《豬大哥的茅草屋頂秘密》的科展研究中，我們發現白茅的防水效果比其他茅草好，如甜根子草、象草與檸檬香茅。因為在一樣的降雨量中，它滴漏的水量最少。而且如果由下往上排列，更可以減少水份的滲透。從《疏而不漏-鄒族傳統屋頂防水探究》這篇科展研究中，我們發現五節芒防漏水的效果又比白茅草好，因為在相同情境下，白茅草的滲水速度比五節芒還要快。

因為上面兩個研究在茅草的擺放方式和數量上都不同，特別是跟南排灣龜甲屋的擺放方式也有很大的不同，所以我們想要用南排灣龜甲屋的擺放方式，重新設計一次實驗，了解自己文化裡面的科學智慧。

貳、 研究設備及器材

		
量角器	五節芒草的葉子	冰棒棍(11cm x 0.8cm)

 1.024 × 768		
剪刀	鋁線	熱熔槍、熱熔膠
		
麻繩	500 ml 塑膠量杯	戳洞的塑膠淺盆
		
廚房紙巾	紅色色素	鞋架(用來固定器材)

		
30cm 直尺	裝水用的塑膠盆	

參、 研究過程或方法

一、實驗器材製作

(一)製作龜甲屋頂的竹編網

因為竹條比較難取得，所以我們使用冰棒棍這種木材來代替。我們用熱熔槍把十根冰棒棍用間隔約一公分的距離交疊黏起來，黏成一個網子的形狀（長寬約11cm），如圖4。最後再把四個網子黏成一個大的網子（長寬約21cm），如圖5。

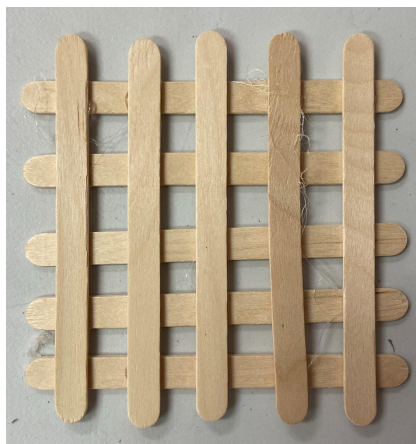


圖4，用冰棒棍黏成的網子

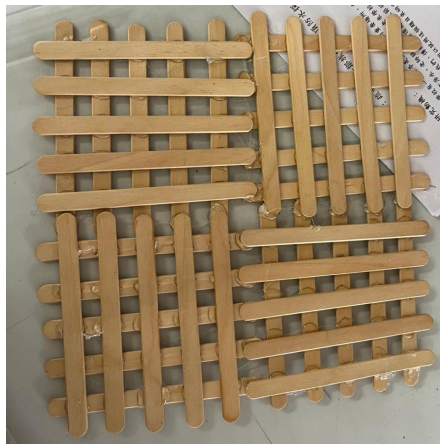


圖5，四個冰棒棍網黏成的大網子

(二)製作龜甲屋頂模型的一部分

我們先把部落長輩幫我們採的芒草葉子曬乾後剪下來，然後把它剪成約25cm長，如圖6和圖7。每一個冰棒棍大網子上，我們總共會鋪上50g的芒草葉，因為芒草葉全部鋪上去不好綁，而且會有很多縫縫，所以我們分兩次綁，先鋪一層，用麻繩綁緊後，再鋪一層並綁緊，最後，我們用冰棒棍當做竹條把芒草葉壓緊，如圖8和圖9。為了讓實驗可以更精準，我們總共做了9頂龜甲屋的模型的一部分。



圖6:剪芒草的葉子



圖7:長約25公分的芒草葉子



圖8:芒草屋頂外側

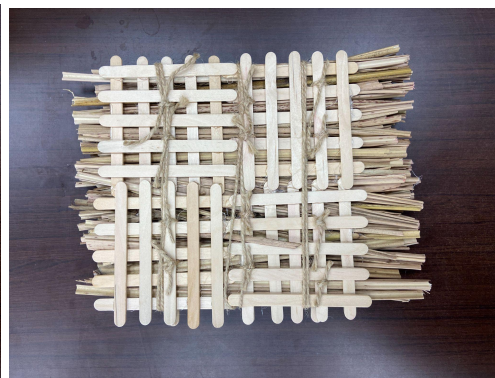


圖9:芒草屋頂內側

(三)製作戳洞的塑膠淺盆

我們在塑膠淺盆的中間每3.5公分戳一個洞，總共戳了20個洞，模擬降雨的感覺，如圖10。

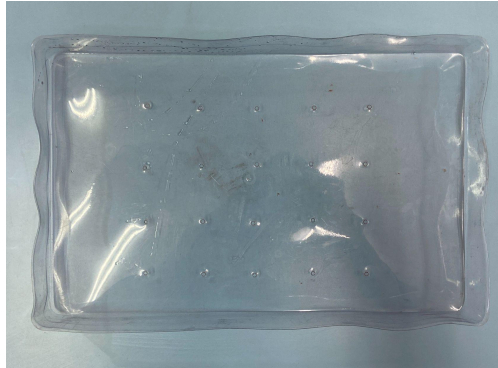


圖10:戳洞的塑膠淺盆

二、實驗步驟

(一)測試龜甲屋芒草屋頂不同斜度的防水效果

1. 準備好鞋架用來固定器材，把戳洞的塑膠淺盆放在第一層，芒草屋頂放在第二層，餐巾紙放在第三層，塑膠盆放在第四層拿來接水，如圖11。



圖11:鞋架與各實驗器材

2. 用量角器調整芒草屋頂的斜度(0度、20度和40度)。
3. 將量杯中裝入400毫升的水, 再加入紅色色素方便觀測。
4. 把量杯的水倒入戳洞的塑膠淺盆中, 模擬降雨的感覺, 同時開始計時。
5. 當水從芒草縫隙中穿過, 滴在餐巾紙上時, 記下時間。
6. 等三分鐘後, 將戳洞塑膠淺盆和下面綠色塑膠盆中的水集中到燒杯中。
7. 把400毫升減掉集中到燒杯中的水, 計算出屋頂上殘留的水量並記錄下來。
8. 步驟3-7重複實驗三次。

(二)測試龜甲屋芒草屋頂不同厚度的防水效果

1. 準備好鞋架用來固定器材, 把戳洞的塑膠淺盆放在第一層, 餐巾紙放在第三層, 塑膠盆放在第四層拿來接水。
2. 在第二層放上一片芒草屋頂或兩片芒草屋頂, 都設定為40度, 如圖12。



圖12:兩層芒草屋頂

3. 將量杯中裝入400毫升的水, 再加入紅色色素方便觀測。
4. 把量杯的水倒入戳洞的塑膠淺盆中, 模擬降雨的感覺, 同時開始計時。
5. 當水從芒草縫隙中穿過, 滴在餐巾紙上時, 記下時間。

6. 等三分鐘後，將戳洞塑膠淺盆和下面綠色塑膠盆中的水集中到燒杯中。
7. 把400毫升減掉集中到燒杯中的水，計算出屋頂上殘留的水量並記錄下來。
8. 步驟3-7重複實驗三次。

肆、 研究結果

一、記錄龜甲屋屋頂的搭建方式和防水原理

因為搭建方式已經紀錄在文獻回顧中，這裡主要說明龜甲屋屋頂用芒草的原因。從實驗中，我們發現水滴在芒草上的時候，葉片不會被浸濕，而是沿著葉子滑落下去。我們推測五節芒草常被拿來當作屋頂建材的原因有三個。我們從書中發現芒草這種葉子的表面有一層蠟質層，讓葉子有一層保護膜，不會讓葉子吸進很多水。第二個原因是因為五節芒草很容易取得，如果要更換屋頂的話，也比較方便。最後一個原因是五節芒草具有韌性，很好拿來編織或綁紮，也不容易破掉。

二、測試龜甲屋屋頂不同斜度的防水效果

表1和圖13是屋頂在不同斜度時，衛生紙被淋濕時的秒數。我們發現當斜度越斜時，衛生紙被淋濕的時間越晚；斜度越平的時候，衛生紙被淋濕的時間越早。

(單位: 秒)	第一次	第二次	第三次	平均
0度	12	14	10	12
20度	16	16	13	15
40度	18	29	18	22

表1: 不同斜度的龜甲屋頂，衛生紙被淋濕的秒數

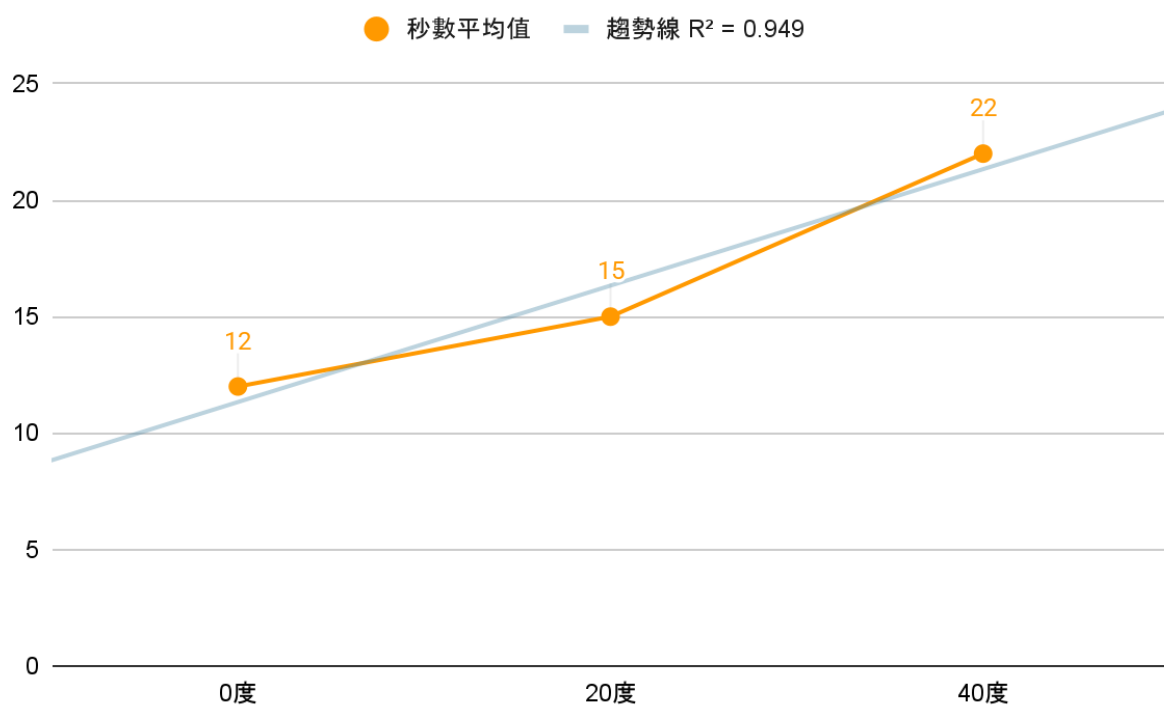


圖13: 「不同斜度的龜甲屋頂，衛生紙被淋濕的秒數」的折線圖

表2和圖14是屋頂在不同斜度時，降雨三分鐘後，屋頂的殘水量。我們發現當屋頂越斜的時候，水殘留的量會越少；當屋頂越平的時候，水殘留的量會越多。

(單位: 毫升)	第一次	第二次	第三次	平均
0度	40	50	50	47
20度	30	30	20	26.7
40度	10	10	10	10

表2: 不同斜度的龜甲屋頂，屋頂的殘水量

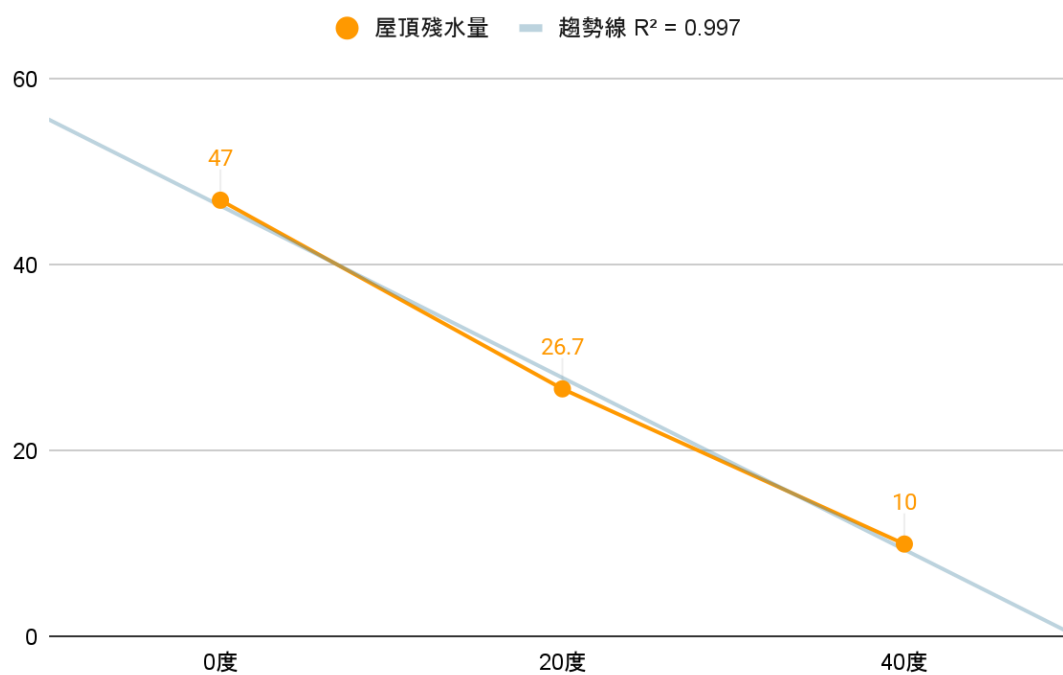


圖14:「不同斜度的龜甲屋頂，屋頂的平均殘水量」的折線圖

三、測試龜甲屋屋頂不同厚度的防水效果

表3和圖15是屋頂在斜度相同(40度)，但是不同厚度時，衛生紙被淋濕時的秒數。我們發現當屋頂有兩層時，衛生紙被淋濕的時間比較晚；屋頂只有一層的時候，衛生紙被淋濕的時間比較早。

(單位:秒)	第一次	第二次	第三次	平均
一層	18	29	18	22
兩層	25	44	38	35

表3:不同厚度的龜甲屋頂，衛生紙被淋濕的秒數

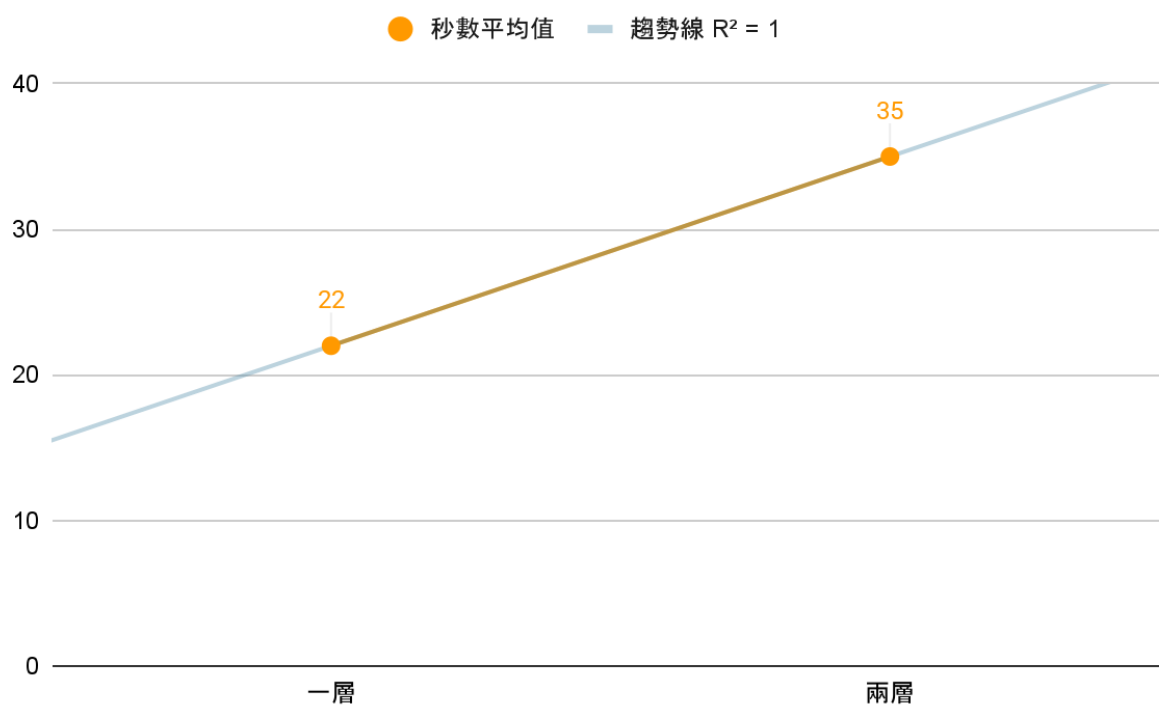


圖15:「不同厚度的龜甲屋頂，衛生紙被淋濕的秒數」的折線圖

表4和圖16是屋頂在斜度相同(40度)，但是不同厚度時，屋頂殘水量。我們發現當屋頂有兩層時，屋頂的殘水量比較多；屋頂只有一層的時候，屋頂的殘水量比較少。

(單位:毫升)	第一次	第二次	第三次	平均
一層	10	10	10	10
兩層	60	40	50	50

表4:不同厚度的龜甲屋頂，屋頂的殘水量

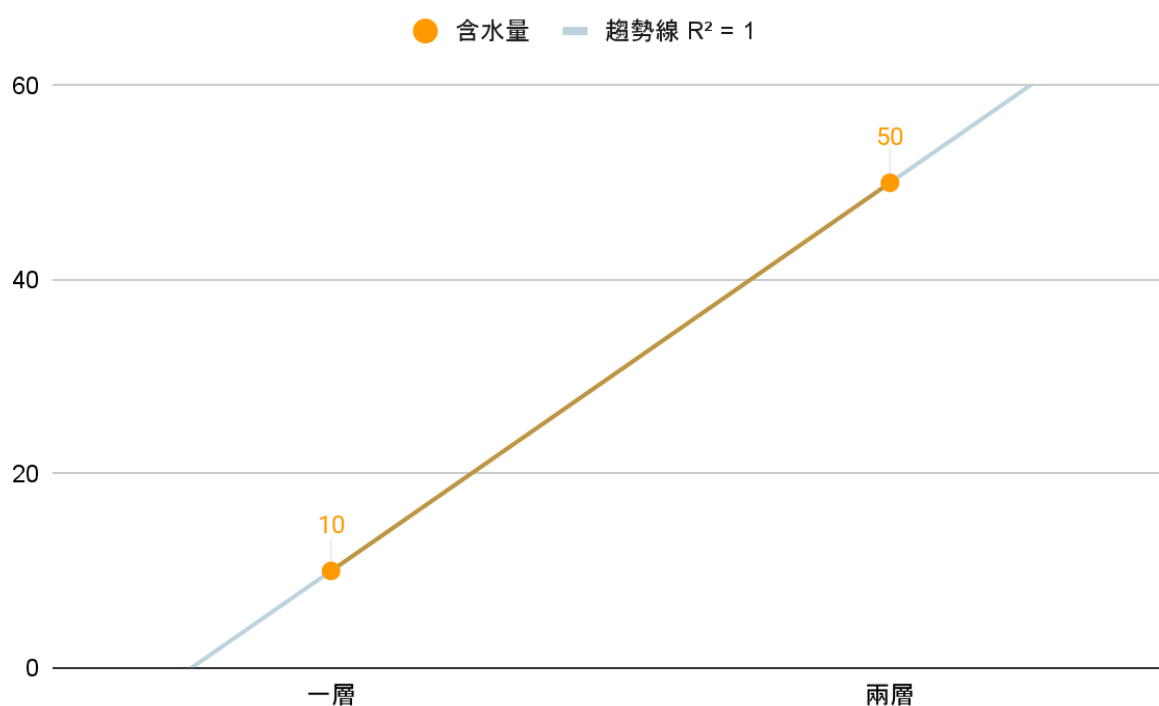


圖16:「不同厚度的龜甲屋頂，屋頂的殘水量」的折線圖

伍、 討論

一、蓋芒草屋頂遇到的困難

這次的研究讓我們發現，vuvu建造屋頂是一件非常辛苦的事情。我們在製作竹編網和鋪設芒草的時候，花了很多時間，特別是綁芒草需要很細心才能讓屋頂變得比較密、不容易透水。這讓我們更能體會，過去沒有機器幫忙時，vuvu們要花很長的時間，慢慢地編織屋頂材料，才能蓋出一間能夠遮風避雨的房子。

二、龜甲屋頂斜度和厚度與防水的關係

當屋頂的斜度越大，水比較不容易滲透出去。這和傳統建築的設計原理一樣，因為斜度較大時，水能更快地流下來，不會停留在屋頂上。但是因為我們這次竹編網上的芒草只有五十克，如果在這個實驗中，我們芒草固定量再增加，讓屋頂變得比較密，可能實驗結果會更明顯。所以，未來如果要讓實驗更準確，可以在竹編網上增加芒草的克數，看看是否能讓屋頂的防水效果更好。

三、分開從縫隙和屋簷落下的水量

我們這次的實驗只測量了屋頂上的總殘水量，也許在以後的實驗裡，可以把從縫隙和從屋簷落下的水量分開紀錄，比較屋內漏的水和屋外排下去的水。如果能分開紀錄，會更清楚知道vuvu們的防水技術有多厲害。

陸、 結論

這次研究證明了南排灣龜甲屋的屋頂有防水效果，而且斜度和厚度都會影響屋頂的防水能力。我們發現，當屋頂的斜度是40度時，排水效果最好，水能順著流下去，不容易滲透進屋內。另外，如果屋頂有兩層芒草，可以讓水滲透得比較慢，但有些水會停留在屋頂上，所以厚度需要調整到最適合的程度。這些結果告訴我們，排灣族的傳統建築不只是文化的一部分，還有很多科學道理。

柒、 參考資料及其他

一、康軒文教事業(2021)。國民小學自然科學課本3上多采多姿的植物。新北市:康軒。

二、康軒文教事業(2021)。國民小學自然科學課本4下水的移動。新北市:康軒。

三、康軒文教事業(2021)。國民小學自然科學課本5下植物世界面面觀新。新北市:康軒。

四、新美國小(2022)。疏而不漏——鄒族傳統屋頂防水探究。第14屆原住民文化與科學展覽會。

五、明正國中(2024)。豬大哥茅草屋頂的秘密。屏東縣第64屆全縣國民中小學科學展覽會。

六、許勝發(2013)。「獅子鄉南排灣舊社傳統石板家屋構築技術調查案」成果報告書