

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學(二)科

082919

布農族家屋的建築智慧

學校名稱：臺東縣海端鄉初來國民小學

作者：	指導老師：
小六 曾偉傑	朱祐弘
小六 余祥恩	馮育靜
小六 余家綾	
小五 余杰倫	

關鍵詞：布農族、家屋、建築

摘要

106 學年度開學時校園一隅有個巨大的變化，耆老告訴我們木竹混搭建的傳統家屋許多部落耆老建築智慧藏在其中，我們利用過去三至六年級自然與生活科技所學的課程內容，對家屋的材料與建構方式進行研究，其研究結論分述如下：

- 一、觀察本鄉所產的竹子(桂竹)與他鄉竹子(桂竹)表徵並無明顯差異。
- 二、本鄉所產的竹子似具有較佳的載重能力，且其可彎曲能力也較佳。
- 三、竹子採收後放置長時間後會有硬而脆的情形發生，後續應用上須特別注意。
- 四、使用抱合法工法具有較佳的防止雨水滲入及隔熱和保暖的能力，片狀法工法次之，而石板工法和鐵皮工法則較差。
- 五、布農族家屋經最新設計演化，我們建構達到隔熱、保暖和省水設計的初步家屋模型。

壹、研究動機

布農族家屋一般可以分為石板屋、茅屋、木竹混搭建等三種型式，而本鄉與附近地區有出產適合搭建竹屋的材料，所以竹屋一直以來是生活在本鄉布農族建築特色之一，而族人最早以較粗竹子為家屋的樑柱，另外將竹子剖開成薄片後作為家屋的為牆，並利用剖開竹子的正反緊密相靠使得於雨水和冷風不易進入，另外加屋屋頂則是以茅草或稻草為主，使得傳統家屋具有自然建築本質外，還具有冬暖夏涼環保綠建築機能，所以傳統家屋不僅僅是建築樣式、技術、風格和特色的特殊意義外，還有「用之於自然，還之於自然」的環保觀念，以及對自然環境的尊重與共存態度，由此可知布農族祖先的智慧與生命共存的態度。

我們利用過去三至六年級自然與生活科技所學的課程內容，對家屋的建構方式與材料進行觀察(三年級上學期單元一植物的身體、單元二生活中有趣的力、單元三空氣、四年級下學期單元二水的移動、五年級上學期單元二植物世界)和研究(三年級上學期單元二生活中有趣的力、三年級下學期單元四認識天氣、四年級上學期單元三光的世界、五年級上學期單元一太陽、單元三空氣與燃燒、五年級下學期單元四力與運動、六年級上學期單元二熱和我們的生活、六年級下學期單元一巧妙的施力工具)，期望可藉由科學研究發揚古老的智慧，甚至希望有機會應用於生活上，又或是加以改良使得傳統家屋有機會更發揚光大。

教學相關單元：南一版_三上_單元一：植物的身體、單元二：生活中有趣的力、單元三：

空氣，南一版_三下_單元四：認識天氣，南一版_四上_單元三：光的世界、南一版_四下_單元二：水的移動，南一版_五上_單元一：太陽、單元二：植物世界、單元三：空氣與燃燒、，南一版_五下_單元四：力與運動，南一版_六上_單元二：熱和我們的生活，南一版_六下_單元一：巧妙的施力工具。

貳、研究目的

本鄉的布農族擁有許多傳統文化，但有些傳統文化也逐漸消失和失傳，以布農族傳統家屋為例，受到建築技術進步影響，現在已經鮮少人會居住與保留，使得學校的師長和部落的耆老們也擔心傳統家屋將會失傳與消失，所以學校的師長與部落的耆老們為了延續和維護逐漸消失傳統文化，於是在校園一隅搭建以相當稀有的布農族家屋，讓校園裡的小朋友還有機會認識與參與布農族的傳統部落文化。

布農族家屋一般可以分為石板屋、茅屋、木竹混搭建等三種型式，而本次我們研究對象是木竹混搭建的傳統家屋，然而在搭建的過程中，耆老告訴我們木竹混搭建的傳統家屋雖然簡單，但卻有許多部落耆老智慧藏在其中，這也開啟我們研究布農族傳統家屋的開端，所以本研究目的條列如下：

- 一、研究本鄉與其他地區竹子的基本差異。
- 二、研究本鄉與其他地區竹子的抗彎能力，以映證耆老說明本鄉竹子較佳。
- 三、研究不同建築方式的模型家屋對於防止雨水滲入和隔熱與保暖的能力，以瞭解祖先的建築智慧。
- 四、不同建築方式的模型家屋與實際建築的家屋的差異，以確認模型家屋具有模擬實際家屋的能力。

參、研究設備及器材

- 一、研究設備：分析天平、烘箱、乾燥器、液晶顯示游標卡尺、鹵素電暖器、USB 溫度計(連續偵測溫度紀錄器)、電腦，相關設備如圖 1 所示。
- 二、研究器材：抗壓支撐架、配重盤、塑膠盆、灑水器、沉水式抽水馬達、透明正立方容器(1 公升)、柴刀、鋸子、尖嘴鉗、老虎鉗、美工刀、竹子、鐵線、相機、攝影機。
- 三、自製設備及器材：自製抗彎試驗設備、自製模擬降雨設備，相關設備如圖 1 所示。



圖 1 本研究使用相關自製設備與相關儀器

肆、研究過程或方法

以下茲就本科展研究過程和方法分述如下：

一、研究過程：

有關本科展研究過程如圖 2 所示，而研究過程所述各項資料收集、問題設計、訪問耆老、實驗設計、材料基本分析、竹子抗彎試驗、屋頂防水試驗、外殼隔熱試驗、設計研發節能省水家屋、撰寫成果報告及成果發表等，將於後續研究方法中概述。

二、研究方法

(一)資料收集

本科展執行前進行部落田野調查，尋找適合執行科展之題材，經與指導老師討論確認後初步選定多個主題，接著透過網路或詢問耆老的方式廣泛收集各主題的相關資料，再經與指導老師討論確定最後研究主題，嗣後針對研究主題進行加深加廣的資料查詢與相關研究成果收集。

(二)問題設計

經彙整前述資料收集成果，由指導老師指導學生導讀所收集之資料，並引導設計研究問題與需訪問耆老之內容，並於問題設計時，確認前述資料收集是否足可供問題設計所需，若不足者，則需再進行資料收集，若資料收集已可供問題設計，則可進行下一步

驟耆老訪問。

(三)訪問耆老

針對前述已完成之研究問題與需訪問耆老內容，尋找適合訪問的耆老，並於訪問過程中錄音錄影，以利後續資料彙整與實驗設計時可參考。另針對訪問耆老所得到智慧，即時判斷是否夠明確或明瞭，若有不明確或不明瞭之處，應適時進行問題設計再訪問耆老，若訪問耆老所得內容足以供後續實驗設計所需，則可進行下一步驟實驗設計。

(四)實驗設計

將前述訪問耆老之研究問題與訪問耆老內容進行整理，由指導老師引導學生參考前述訪問資料進行實驗設計，實驗設計內容包含基本分析、相關試驗、設計研發、撰寫成果報告和成果發表等。

(五)基本分析和相關試驗

本科展研究對象(竹子等材料)進行基本分析和竹子抗彎試驗、屋頂防水試驗和外殼隔熱試驗分析，其分析和相關試驗請參閱實驗器材架構內容，並記錄相關試驗結果。

(六)設計研發節能省水家屋

參考前述相關試驗結果，指導老師引導學生思考和發想如何設計研發節能省水家屋為主題，由學生設計研發節能省水家屋模型。

(七)撰寫成果報告

將前述各項資料收集、問題設計、訪問耆老、實驗設計、材料基本分析、竹子抗彎試驗、屋頂防水試驗、外殼隔熱試驗和設計研發節能省水家屋的相關資料彙整，並由指導老師指導學生如何將相關資料撰寫成果報告，其報告撰寫要領與方式為何?

成果報告由學生初步撰寫，再由指導老師協助指導改進與修正後，再由本科展成員檢視後產出科展研究報告。

(八)成果發表

由指導老師引導學生將前述成果報告利用簡報方式進行成果發表，簡報應以簡單明瞭方式向全校師生進報告，並將相關研究成果回饋部落或相關單位。

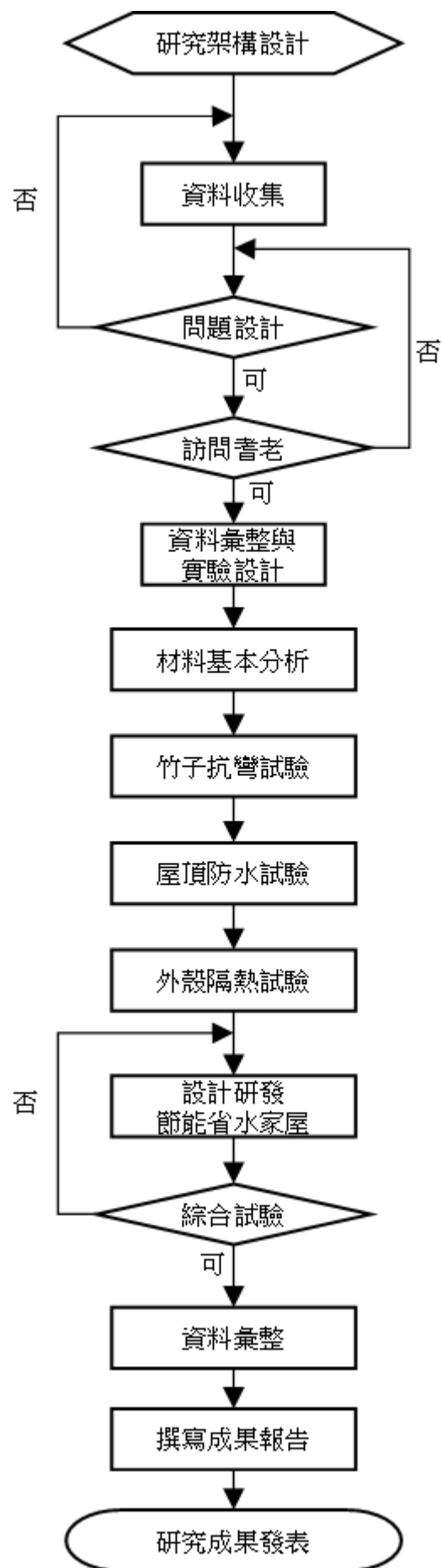


圖 2 本團隊科展執行過程

伍、研究結果

一、資料收集

我們經由文獻蒐集可知布農族的家屋可以分為三種型式，包括石板屋、茅屋、木竹混搭建等，以下將針對布農族的家屋分門別類介紹：

(一)石板屋

石板屋是以板岩砌牆、蓋頂、鋪地，僅樑柱使用木材，且在建築的過程中先尋找石板的材料，大塊的石板用來堆疊成牆面，較薄的片狀板岩則用來作為屋瓦，窗戶與某些支樑利用木頭製成，而屋瓦是一片一片的蓋在細細的木架上，不用任何鐵釘與鐵絲。

(二)茅屋

茅屋以木柱作為樑柱，以茅管並豎為牆，再蓋以茅草作為屋頂，但有的房子會以板岩鋪地，以木板為牆，以茅草為蓋頂。

(三)木竹混搭

木竹混搭的家屋是布農人較晚期才發展出來的，木屋的形式呈長方形，以較大的木柱為樑，小木柱作為牆壁，切割木板作為屋頂。竹屋則以較粗的竹子或木柱為樑，剖竹作為牆壁，覆以平鋪式屋頂。

布農族居住地域廣，所以各地的取材也有所不同，由於取材的不同也使各地住屋型式有一些差異，但布農人建築房屋有一定的步驟，包括卜地、蒐集材料、平地、立柱、架樑、蓋頂、築壁、建粟倉、修灶、修床屋、安門、鋪地與落成酒宴等。卜地是由預備建屋的男性家長，選定一地基後，先砍除一小方形範圍內的草，作為標記，然後回家看當晚的夢吉凶與否，若不祥，則易地再卜之。其次，建築家屋所需的材料與建築中所需的勞力，多半由建屋者的父系氏族與部落內的男性成員所提供。另布農人傳統的家屋構造中，也有許多小細節相當注重，以下將就各重要建築內容分述如下：

(一)小米倉：在布農的傳統文化中，小米倉是家屋建築中最重要部份，也是一個家的主要象徵，沒有小米倉的房子只被稱為工寮，但即使有了小米倉之後，也必須存夠一年要吃的小米和下一年要播種的種粟之後，才成為一個不必依賴別人的獨立自主的家。因此，布農人相信小米倉不能讓外人進入，否則會造成該家的滅絕。

(二)中柱：中柱是屋子中最重要柱子，尋找這根柱子之前必須先加以夢占，如果夢到不好的夢仍去尋找材料，不但不能找到適合的木材，而且日後住在這間屋子內的家

人還可能會出事。

- (三)家屋的內部空間有左、右之分，左邊比較重要。因此，家屋內部後面一排的臥室當中，最左邊的一間屬於家長居住，以控制小米倉的出入口。
- (四)家屋內有兩個灶，左邊煮人吃的東西，右邊煮豬吃的食物（這種區分在日治時代已不明顯）。族人相信左邊灶的火不能熄滅，否則家中男人出去狩獵時會出事。當家屋因人口增加必須擴建時，一定不能移動左邊的灶。
- (五)家屋構造中的屋頂與墓場都有家的象徵意義。以屋頂而言，根據衛惠林先生的研究，部落內殺人事件被害者的親族有向兇手之家報復並焚毀其家宅的權利，但受害者親族執行這項報復時，只能象徵性的燒毀家屋之屋頂。另外，在臺東霧鹿的研究，當地人禁止別家人爬上自家的屋頂，如有發生，則此人必須加入該家成為家中成員，否則對於當事人或這家人都會造成生命的威脅。當一個家屋開始埋葬家人之後，則這塊土地之後不能在用來作為其他家族的建地，只能從事農業耕作或狩獵。
- (六)傳統布農族人家屋的門為便於防禦通常設計很小，但卻是連接屋內與屋外，同時也是溝通屋內與屋外的孔道，未經允許，外人不能隨意進入。
- (七)布農族人的臥室實際上只是離地 1、2 公尺的「通鋪」，周圍的牆不高，很少會與屋頂銜接。這些臥室的形式都完全相同，當一個家屋中只有一對成年夫婦居住時，不管有幾個小孩，他們所住的臥室都不一定，直到家中有新的一對夫妻居住時，家長才會住進小米倉旁邊的臥室。
- (八)幾乎所有的布農族男人都知道如何選擇建材與建屋的技巧，他們蓋屋的技術相當簡單而實在，不重視建築的精巧與設備的好壞，對他們而言，家屋外觀的美麗與否並不是最重要的，最重要的是住在家屋內的成員能夠平安無事。

因耆老並無說明建築家屋所使用的竹子名稱，所以我們經由販賣竹子的竹商得知，耆老建築家屋的竹子是「桂竹」，所以我們也針對桂竹進行相關資料的收集，其收集成果分述如下：

(一)形態特徵

桂竹圍地下莖橫走，單桿散生，桿高約 6~16 公尺，直徑約 2~10 公分，節間長 12~40 公分，幼桿粉綠，之後會變成深綠色，老則變為棕綠色。此外，竹節節略冗起，下端有白色蠟粉末，而竹桿表面堅硬，桿肉厚 0.4~1 公分。

(二)分布

台灣特有種，分布於全島海拔 10~1,600 公尺之間，各地廣泛栽培。

(三)生態特性

桂竹是台灣竹類生長最快速的種類，日平均生長 24.5 公分，相較於孟宗竹、麻竹和綠竹等為快速，雖然桂竹在生長季節裡，約數十天就可達到最大高度，但若要應用於造紙以外的用途，則需等候到桂竹生展滿三年，此時桂竹的力學強度提高，且桂竹的含水量也較少，若桂竹的含水量過高，若砍來利用則會容易發黴、變形、引來蛀蟲和腐蝕。另桂竹應用甚廣，在台灣早期是極為重要的建築材料。

二、問題設計及訪問耆老

由於我們對布農族家屋的概念都沒有，所以想藉由訪問耆老瞭解建築家屋的材料、技術和注意的地方，經由指導老師與耆老接洽後，於 107 年 1 月 10 日下午進行訪問，並於訪問後請耆老教導我們挑選建築家屋材料的方法，以及建築家屋的相關建築技術，使得後續才有辦法繼續建築模型屋進行相關研究，而訪問耆老的相關情形過程如圖 3~4 所示，耆老訪問的提問與耆老的回覆如表 1 所示。

另本研究根據前述訪問資料進行整理後，初步彙整重要問題整理、重要資訊整理和研究範疇界定如表 2 所示，本研究後續研究範圍係依表 2 所得資訊進行研究。



圖 3 訪問耆老及互動與耆老互動流程



耆老指導挑選竹子

耆老指導剖開竹子

耆老指導將竹子剖直

耆老指導製作片狀竹片

圖 4 訪問耆老與耆老指導建築技術相關過程

表 1 耆老訪問的提問與耆老的回覆

<p>訪問日期：107 年 1 月 10 日</p> <p>訪問時間：下午 1 時 30 分</p> <p>訪問地點：XX 縣 YY 國小 ZZZZZ 旁</p> <p>訪問人員：OOO、OOO</p> <p>受訪耆老：O 耆老 OO</p> <p>訪問內容如下：</p>	
提問	耆老回覆
1.耆老您為什麼會蓋家屋的這個技術?	答：阿公要我一定學會蓋家屋的技術，因為已經很少人會蓋家屋的技術。
2.耆老蓋家屋的材料怎麼來的?	答：自己尋找附近可用來蓋家屋的材料，如：竹子、木頭，應用附近可取得的材料，

	<p>可以不用再去購買。傳統的布農族家屋就是自己尋找材料後，再自己應用尋得的材料蓋起家屋。</p>
3.耆老蓋家屋有需要用到什麼工具嗎?	<p>答：刀子、鋸子、鐵鎚、鉗子等 5-6 樣工具。</p>
4.請問耆老要如何將家屋的材料固定?	<p>答：以前是使用「藤」綁起來固定，現在就用「鐵絲」居多。</p>
5.耆老蓋家屋有什麼需要注意的地方嗎?	<p>答：以前蓋家屋都是用目測就好，利用用竹子的長度來丈量，其他的就要自己想，蓋家屋並不是每個都要一樣，這樣就沒有什麼創作性可言，所以必須要自己發揮創意。</p>
6.耆老蓋家屋的時候，有時候竹子是用一片一片的，有時候竹子又是用半圓形的方式構築家屋，這是為什麼呢?用在不同的地方有不同的建築方法嗎?	<p>答：依據天氣不同，可以考慮使用不同的建築方式構築家屋，例如：夏天就可以用片狀的方式，這樣整面都會有數個洞，這樣不僅可以透光，又可以透風散熱。另外冬天時，將竹子對切形成半圓形對接形成抱合狀，可以阻擋寒風吹入屋內，但是屋內會因無法透光而較為陰暗。</p>
7.為什麼家屋屋頂有人會使用石頭或茅草?會比較好嗎?	<p>答：最早先前屋頂是使用石頭和樹皮，再來使用木頭，再過來是使用茅草，但因現在茅草已經很少了，所以這次蓋家屋的屋頂是使用稻草作為材料。</p>
8.使用茅草或稻草在下雨天時會不會有漏水的情形?	<p>答：不會，因為茅草或稻草都會疊的很密集，所以雨水沒機會滲入，加上茅草或稻草都會堆疊很多層，所以就算雨水滲入第一層茅草或稻草，也會在第二層茅草或</p>

	<p>稻草被阻隔。另外，家屋屋頂有傾斜角度，雨水就會跟著傾斜角度而流動，所以家屋屋頂傾斜也會協助排水，並防止雨水直接垂直滲入至屋內。</p>
<p>9.現在稻草或茅草等屋頂材料要去哪裡尋找才有?</p>	<p>答：因為現在平地都已經造林或種田，茅草都以被除盡，目前茅草已經很難尋找得到，所以這次蓋家屋所使用的稻草是將學校附近稻田收割後的稻草加以利用。</p>
<p>10.為什麼耆老比較想使用茅草，而不是容易取得的稻草?</p>	<p>答：因為稻草的稻桿短，且稻葉與稻葉間的距離短，然而茅草則是從根到葉的距離長且只有一片，所以有助於排水。另外，稻草較茅草容易腐爛，所以較無法長久使用。</p>
<p>11.為什麼一定要使用我們本鄉的竹子?</p>	<p>答：本鄉所產桂竹的桿肉較厚，相較於其他地區桂竹的桿肉較薄，所以本鄉的竹子也相較耐用。</p>
<p>12.為什麼本鄉的竹子很難取得?</p>	<p>答：因為現在鮮少人使用竹子當建築材料，再加上政府的造林政策關係，現在鮮少有人砍伐竹子，所以本鄉的竹子已相當難取得。</p>
<p>13.為什麼屋頂最上層需要綁一層竹子?而不是用釘的?</p>	<p>答：最上層再綁一層竹子是為了要固定屋頂上的材料避免被風吹走，這種建築方式稱為「壓綁」。另若使用釘的方式建造屋頂，則會使屋頂都會一個洞一個洞，這樣反而會漏水。</p>
<p>14.將竹子打成片狀的方式建築家屋，會不會</p>	<p>答：片狀的方式建築家屋只有在颱風天才有</p>

<p>因此導致雨水滲入?</p>	<p>可能滲水進來，平常下大雨時仍然不會有滲水的情形發生。</p>
<p>15.竹子放置許久還可以使用嗎?</p>	<p>答：不建議使用，因為竹子放置久了會因為風吹日曬等因素，使得竹子腐壞。</p>
<p>16.建築家屋的竹子要如何挑選?</p>	<p>答：盡量挑選長而直的竹子，不要使用彎曲的竹子，長而直的竹子可以使用在家屋的主幹，而彎取的竹子則盡量截短使用於家屋的裝飾。</p>
<p>17.竹子要如何剖開呢?</p>	<p>答：首先用眼睛觀察竹子直線狀後，用刀子以抵敲的方式稍微固定後，將另一端的竹子也擋住，之後用手輕敲刀背，待刀子稍為剖開竹子後，再用手推動刀背使刀子將竹子剖開。最後利用雙手控制力量大小，使得剖開的竹子能呈現一直線。</p>
<p>18.家屋所使用竹子抱合方式對接，要如何處理竹子才能完成?</p>	<p>答：利用鐵鎚將桿肉內的各個節點敲除，使得竹子才有辦法是用對接的方式形成抱合狀。</p>
<p>19.家屋所使用竹子片狀，要如何處理竹子才能完成?</p>	<p>答：利用刀刃先將竹子打裂，後再將打裂的竹子以刀刃剖開成片狀後，再將片狀竹子內部竹節予以切除。</p>

表 2 重要問題與資訊整理和研究範疇界定彙整

重要問題整理	重要資訊整理	研究範疇界定
為什麼一定要用本鄉的竹子?	答：本鄉所產桂竹的桿肉較厚，相較於其他地區桂竹的桿肉較薄，所以本鄉的竹子也相較耐用。	比較本鄉與他鄉竹子差異
竹子放置許久還可以使用嗎?	答：不建議使用，因為竹子放置久了會因為風吹日曬等因素，使得竹子腐壞。	比較竹子採收後放置時間長短的影響
為什麼耆老比較想使用茅草?	答：茅草排水效果較稻草佳，且稻草較茅草容易腐爛，所以較無法長久使用。	比較不同材質屋頂之差異
稻草或茅草等材料哪裡才有?	答：目前茅草已經很難尋找得到，所以這次蓋家屋所使用的稻草是將學校附近稻田收割後的稻草加以利用。	
請問耆老要如何將家屋的材料固定?	以前是使用「藤」綁起來固定，現在就用「鐵絲」居多。	統一使用鐵絲固定
耆老蓋家屋的時候在不同的地方有不同的建築方法嗎?	答：夏天就可以用片狀的方式，這樣不僅透光又透風散熱，而冬天時，將竹子對切形成半圓形對接形成抱合狀，可以阻擋寒風吹入屋內，但是屋內會因無法透光而較為陰暗。	比較不同建築方法對隔熱與防水差異
將竹子打成片狀的方式建築家屋，會不會因此導致雨水滲入?	答：片狀的方式建築家屋只有在颱風天才有可能滲水進來，平常下大雨時仍然不會有滲水的情形發生。	
使用茅草或稻草在下雨天時會不會漏水?	答：不會，因為茅草或稻草都會疊的很密集，所以雨水沒機會滲入。另外，家屋屋頂傾斜也會協助排水，並防止雨水直接垂	屋頂傾斜角度固定

重要問題整理	重要資訊整理	研究範疇界定
	直滲入至屋內	
為什麼屋頂最上層需要綁一層竹子?而不是用釘的?	答:最上層再綁一層竹子是為了要固定屋頂上的材料避免被風吹走,這種建築方式稱為「壓綁」。另若使用釘的方式建造屋頂,則會使屋頂都會一個洞一個洞,這樣反而會漏水。	竹屋屋頂統一壓綁

三、材料基本分析

本次研究對象為布農族家屋的建築智慧，然家屋所使用材料主要為樹幹、竹子和茅草等，其中又以竹子為主要材料，所以本研究材料基本分析對象主要為竹子，其中包含探究不同地點竹子、竹段的竹節長度、桿肉厚度和內徑與外徑等，以及不同地點竹子、採收後放置不同時間竹子的水分、外觀和顯微結構等，以作為材料基本分析觀察資料，期可作為後續相關試驗推論之參考，有關實驗材料基本分析項目如表 3，而實驗材料基本分析成果如表 4~6。

表 3 實驗材料基本分析項目

竹子 分析項目	不同地點竹子	不同竹段	採收後放置不同時間
竹節長度	✓	✓	
竹徑	✓	✓	
桿肉厚度	✓	✓	✓
水分	✓	✓	✓
顯微結構	✓	✓	✓

表 4 本鄉竹子採收後放置短時間基本分析成果








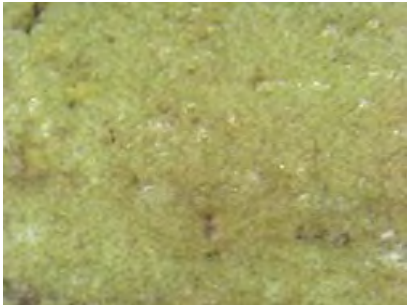

竹段		粗	中	細
竹節長度(cm)		34.0	27.5	27.0
竹徑 (mm)	外徑	40.8~42.2	33.2~34.3	27.7~28.7
	內徑	33.6~34.6	27.1~28.1	21.7~22.8
桿肉厚度(mm)		3.3~3.6	2.8~3.0	2.5~3.3
水分(%)		10.55		
竹子外側				
竹子內側				
顯微結構 (側邊)				
顯微結構 (外皮)				
顯微結構 (內層)				

表 5 其他地區竹子採收後放置短時間基本分析成果



















竹段		粗	中	細
竹節長度(cm)		34.7	31.5	30.5
竹徑 (mm)	外徑	35.7~37.8	31.0~34.0	26.8~29.5
	內徑	27.6~29.8	25.1~27.4	21.2~23.4
桿肉厚度		3.3~5.0	2.9~3.4	2.8~3.2
水分(%)		13.50%		
竹子外側				
竹子內側				
顯微結構 (側邊)				
顯微結構 (外皮)				
顯微結構 (內層)				

表 6 本鄉竹子採收後放置長時間基本分析成果

竹段		粗	中	細
竹節長度(cm)		37.0	26.5	22.0
竹徑 (mm)	外徑	34.9~37.9	25.8~28.5	25.5~26.1
	內徑	27.6~29.6	19.9~22.6	20.2~21.7
桿肉厚度		3.6~4.6	2.0~2.7	1.8~2.5
水分(%)		9.79		
竹子外側				
竹子內側				
顯微結構 (側邊)				
顯微結構 (外皮)				
顯微結構 (內層)				

四、竹子抗彎試驗

竹子抗彎試驗主要是針對不同地點竹子、採收後放置不同時間竹子和竹段之竹子進行試驗，其試驗目的為瞭解哪些地點竹子、採收後放置多久時間竹子和那些竹段擁有較佳之抗彎能力和可塑性，其試驗方法參考 CNS454 精神進行改良，試驗過程如圖 3 所示，試驗結果可作為建築家屋所需最佳材料，有關竹子抗彎試驗項目觀察內容與試驗結果分別如表 7~8 所示，另竹子斷裂情形如圖 6 所示。

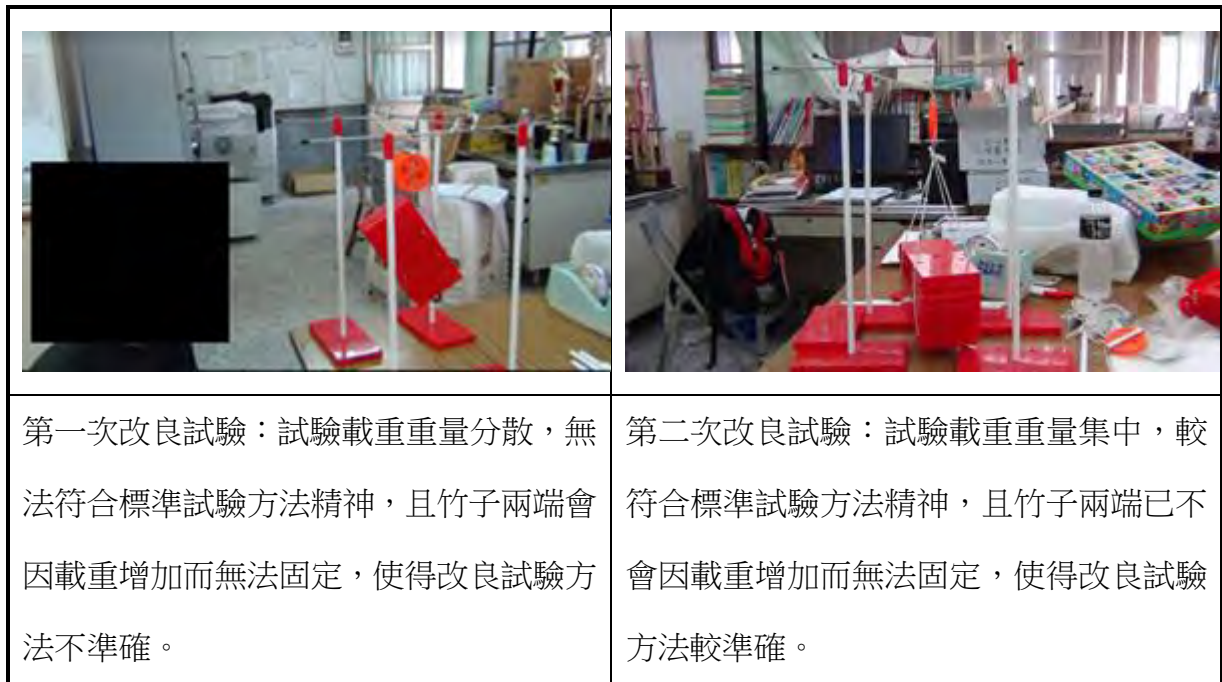


圖 5 竹子抗彎試驗過程

表 7 竹子抗彎試驗項目觀察內容

竹子 觀察內容	不同地點竹子	不同竹段	採收後放置不同時間
抗彎能力(負重能力)	✓	✓	✓
彎曲變化(可塑能力)	✓	✓	✓

表 8 竹子抗彎試驗結果

彎曲程度 (mm)	其他地區竹子			本鄉竹子採收後 放置短時間			本鄉竹子採收後 放置長時間		
	第 1 次 試驗	第 2 次 試驗	第 3 次 試驗	第 1 次 試驗	第 2 次 試驗	第 3 次 試驗	第 1 次 試驗	第 2 次 試驗	第 3 次 試驗
191	7.5	3.3	4	1.7	1.5	1.4	1.2	1.3	1.1
356	14.5	6.9	8.6	4.4	5.2	4.9	2.9	3.5	3
521	24.1	10.6	14	6.9	8.7	7.4	6.2	6.9	5.1
686	32.1	14.5	19.1	9.8	11.2	10.3	8.5	10.6	7.2
851	39.5	17.9	25.5	13.3	14.3	13.9	10.9	14.2	9
1016	46.4	22.3	34.2	15.7	17.5	17.8	14.4	16.3	11.4
1181	52.4	26.4	42.2	19.2	22.2	20.8	15.8	20.5	13.3
1346	59.3	30.4	51.2	23.6	25.8	24.3	18.2	23.8	14.7
1511	73.4	35.5	60.7	27.2	32.1	27.6	21	27.1	17.2
1676	斷裂	39.5	斷裂	33.6	38	33.2	24.4	30.7	18.8
1841		45.6		39.9	43.7	39	27.4	34.6	21.9
2006		59.5		47.8	52.6	45.2	41.2	40.2	24.2
2171		54.9		60.9	52.3	44.6	46.7	27.5	
2336		斷裂		63.7	68.3	60.7	47.5	斷裂	30
2501				71	斷裂	67.4	51.1		32.7
2666				80.6		斷裂	53.2		37

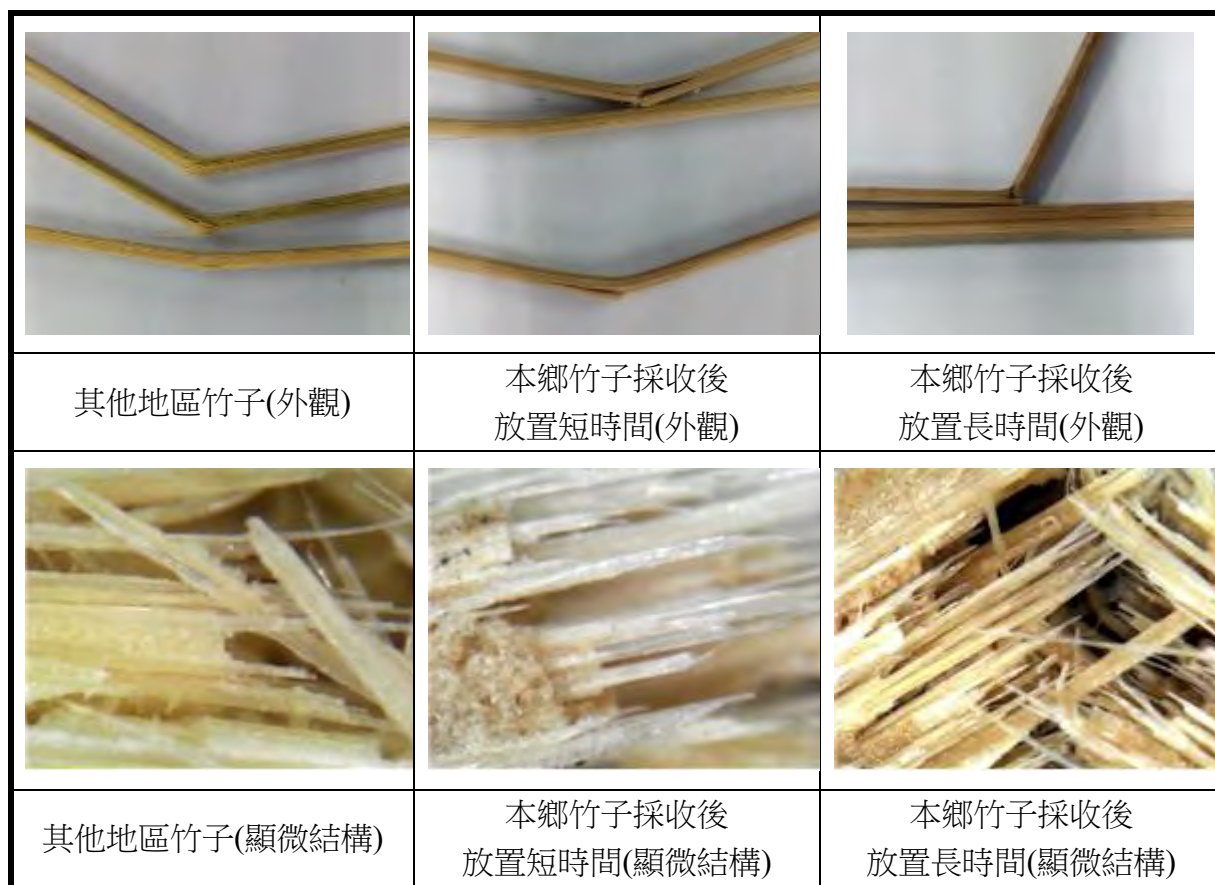


圖 6 竹子抗彎試驗斷裂情形

五、屋頂防止雨水滲入試驗

屋頂防水試驗主要是試驗家屋的屋頂應使用何種材料與工法為目的進行探究實驗，其試驗是透過模擬降雨大小針對家屋屋頂不同材料與工法進行實驗與觀察，有關屋頂防水試驗項目觀察內容與成果分別如表 9~10，另實驗情形如圖 7 所示。

表 9 屋頂防水試驗項目觀察內容

項目 試驗項目	不同材料 (竹子、石板或茅草)	不同工法 (抱合或片狀等)
降雨強度	√	√

表 10 屋頂防水試驗成果

降雨強度與滲水量	材料 工法	石板屋	竹子	竹子
		堆疊	抱合	片狀
小雨(7mm/10s)後滲水量(g)		2.08	0.15	1.36
大雨(20mm/10s)後滲水量(g)		8.00	1.15	3.62



圖 7 屋頂防水試驗情形

六、外殼隔熱試驗

外殼隔熱試驗主要是針對不同材料所構築之屋頂進行試驗，目的主要為瞭解傳統家屋是否擁有較佳之隔熱，以驗證家屋是否具有冬暖夏涼的綠建築條件，其試驗方式主要是利用鹵素電暖器模擬太陽，從第 0 秒開啟鹵素電暖器至第 2,000 秒後關閉，並分別於屋頂內外裝設 USB 溫度計量取溫差，以利比較不同材料所構築之屋頂隔熱效果，有關外殼隔熱試驗項目觀察內容與成果分別如表 11~12，另實驗情形如圖 8 所示。

表 11 外殼隔熱試驗項目觀察內容

狀態	材料	工法	屋外溫度(°C)	屋內溫度(°C)
模擬	竹子	抱合	✓	✓
		片狀	✓	✓
	石板	堆疊	✓	✓
	鐵皮	亮面	✓	✓
真實	竹屋	稻草屋頂	✓	✓
	石板	堆疊	✓	✓
	鐵皮	黑色	✓	✓

表 12 外殼隔熱試驗成果

狀態	材料	工法	屋外最高溫度 (°C)	屋內最高溫度 (°C)	溫差 (°C)
模擬	竹子	抱合	38.2	29.0	9.2
		片狀	30.6	38.2	12.4
	石板	堆疊	56.2	34.6	21.6
	鐵皮	亮面	43.1	36.7	6.4
真實	竹屋	稻草屋頂	47.8	27.1	20.7
	石板	堆疊	44	30.6	13.4
	鐵皮	黑色	48	28.9	19.1



圖 8 外殼隔熱試驗試驗情形

陸、討論

一、本鄉與其他地區竹子的是否有差異?

(一) 本鄉與其他地區竹子並無太大差異

由研究成果可知本鄉與其他地區竹子皆為桂竹，由竹徑內外大小、外觀顏色或顯微結構等觀察可知並無太大差異。

(二) 本鄉竹子放置較長時間有顏色變化

由研究成果可知本鄉竹子放置較長時間時，竹子外觀會由深綠色逐漸變成黃色和暗黃色，且竹子內部也由黃白色逐漸變成暗黑色，另水分也有降低的趨勢。

(三) 顯微結構觀察本鄉竹子放置較長時間有結構顏色及內部有變化

由研究成果可知本鄉與其他地區竹子外皮顯微結構皆接近淡綠色或黃綠色，並略帶有少數黑色斑點，而本鄉竹子放置較長時間則呈現黃色且帶有黑色斑點。另本鄉與其他地區竹子內層顯微結構顏色呈現皆為黃白色閃亮狀，但本鄉竹子放置較長時間則呈現灰色點黑點狀。最後本鄉與其他地區竹子側邊顯微結構皆較有平滑的結構，並似有含水情形，然而本鄉竹子放置較長時間則呈現有凹凸的纖維情形，並似無含水情形。

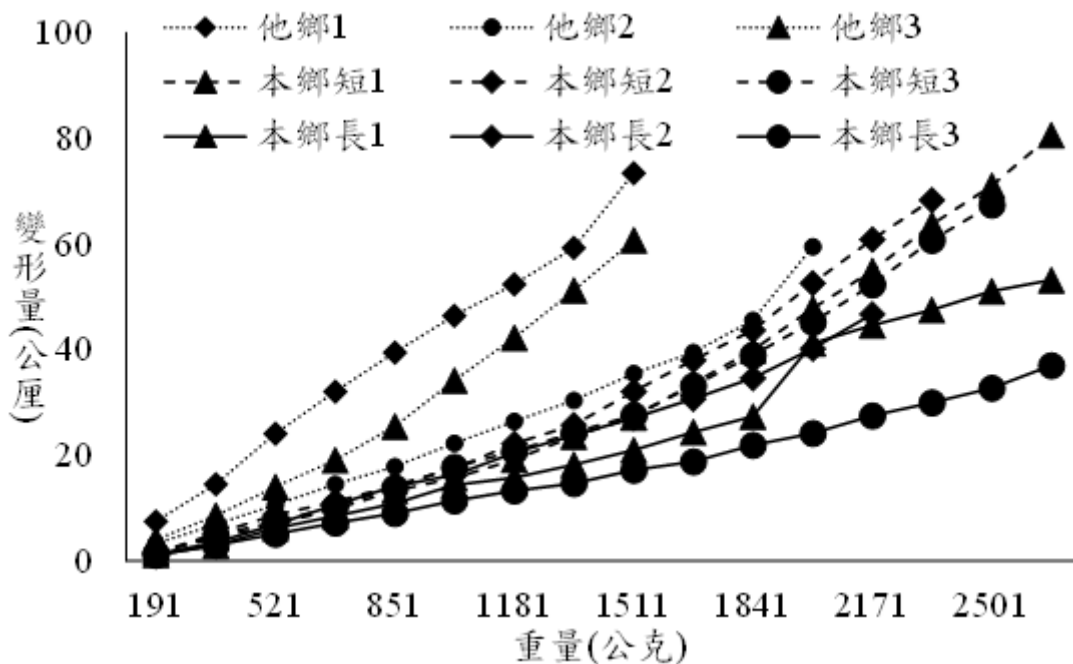
二、本鄉竹子是否較其他地區竹子的抗彎能力佳?

(一) 本鄉竹子有較佳的抗灣能力

由竹子抗灣能力試驗可知(如圖 9 所示)，本鄉竹子具有較佳的載重能力，且具有較佳之彎曲變化能力，這與耆老的說法不謀而合。

(二) 本鄉竹子放置較長時間似有較佳的載重能力，但彎取變化能力下降

由竹子抗灣能力試驗可知(如圖 9 所示)，本鄉竹子放置較長時間似具有較佳的載重能力，但彎曲變化能力有下降的情形，所以家屋建築時若要彎取加工，將是一大考驗。



註：他鄉1：為他鄉竹子第1次抗彎試驗、本鄉短1：為本鄉竹子採收後放置短時間第1次抗彎試驗、本鄉長1：為本鄉竹子採收後放置長時間第1次抗彎試驗。

圖9 竹子抗彎試驗結果

三、不同建築方式的模型家屋對於防止雨水滲入能力是否相同?

利用竹子以抱合工法所蓋的屋頂具有較佳的防止雨水滲入能力，但出乎意料之外的竹子以片狀工法所蓋的屋頂也似具有防止雨水滲入能力，這與耆老的說法不謀而合。另

石板屋屋頂則可能是因為石頭與石頭間的縫隙，以及石頭間的高低差，又或是屋頂傾斜角不夠大，導致排水不良或直接滲入的情形發生，所以石板屋防止雨水滲入的能力較弱。

四、不同建築方式的模型家屋或家屋等對於隔熱與保暖的能力是否相同?

(一)不同建築方式的模型家屋或鐵皮屋都有隔熱與保暖的能力

利用鹵素電暖器模擬太陽，從第 0 秒開啟鹵素電暖器至第 2,000 秒後關閉，並分別於屋頂內外裝設 USB 溫度計量取溫差，進行不同建築方式的模型家屋，可知模型家屋內外溫差可達到 2.4~21.6 度，相較以鐵皮製成的屋頂內外溫差僅 6.4 度，顯示不同建築方式的模型家屋都具有隔熱與保暖的能力。

此外，我們將每 10 秒紀錄 1 筆溫度資料彙整成圖 10~13 所示，可知利用竹子剖成片狀構築模型屋頂，具有最佳的隔熱效果，而利用竹子抱合方式構築模型屋頂，具有次佳的隔熱效果，另我們可以觀察到以鐵皮構築的模型屋，具有相當快的加熱趨勢，而石板屋則是具有較高的蓄熱溫度，這與我們自然與生活科技所學的六年級上學期單元二熱和我們的生活，所學得到的內容結果一樣。

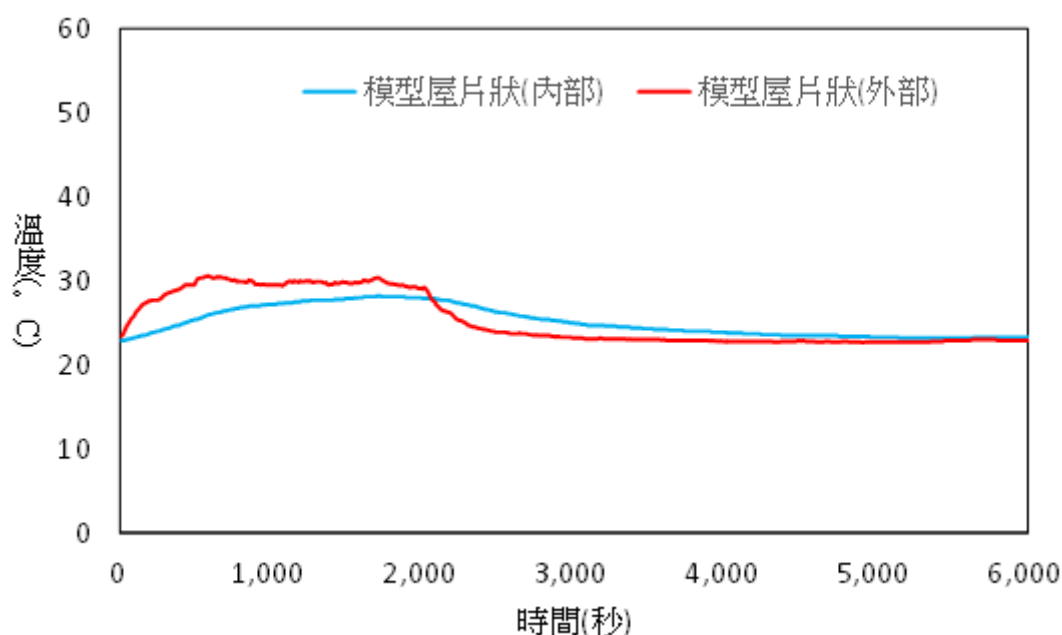


圖 10 鹵素燈模擬太陽針對模型家屋片狀工法內外部溫度變化情形

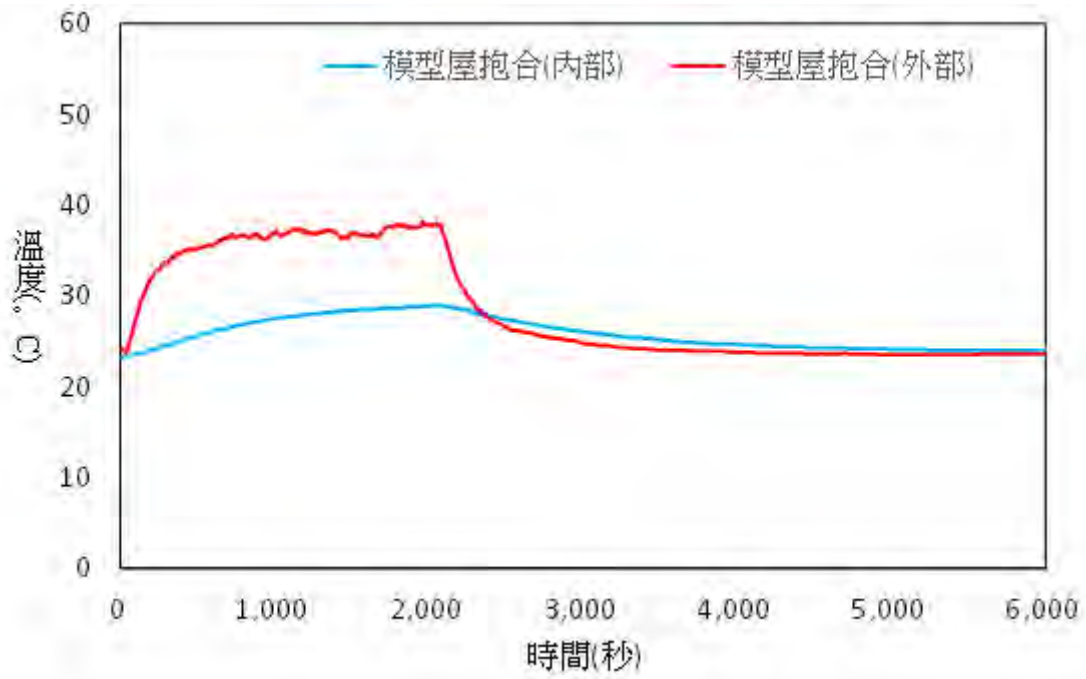


圖 11 鹵素燈模擬太陽針對模型家屋抱合工法內外部溫度變化情形

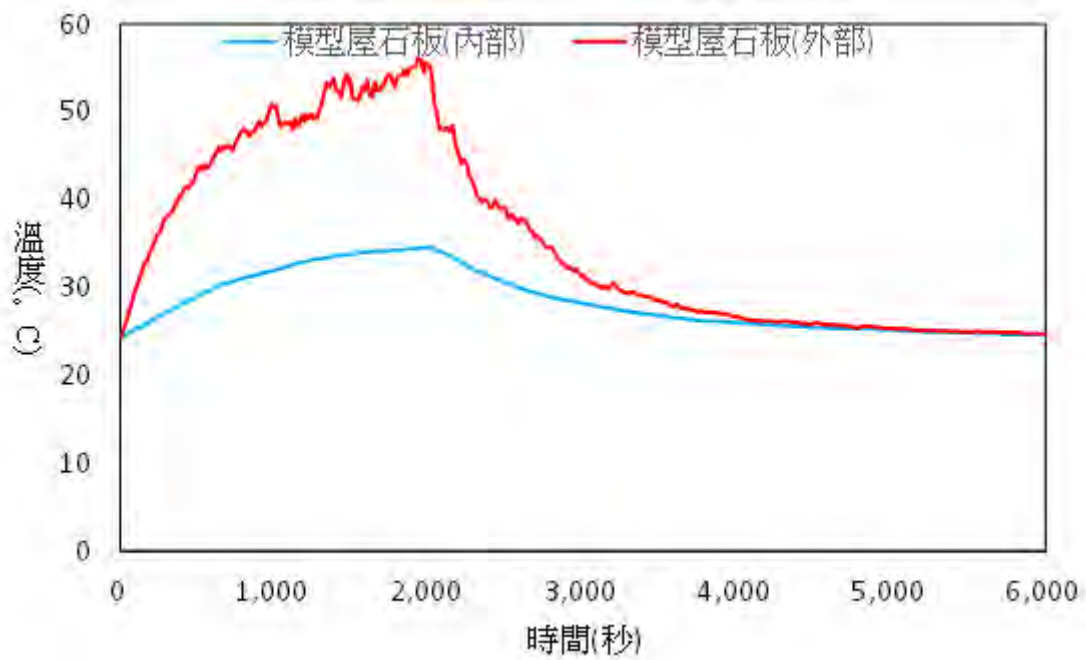


圖 12 鹵素燈模擬太陽針對模型家屋石板工法內外部溫度變化情形

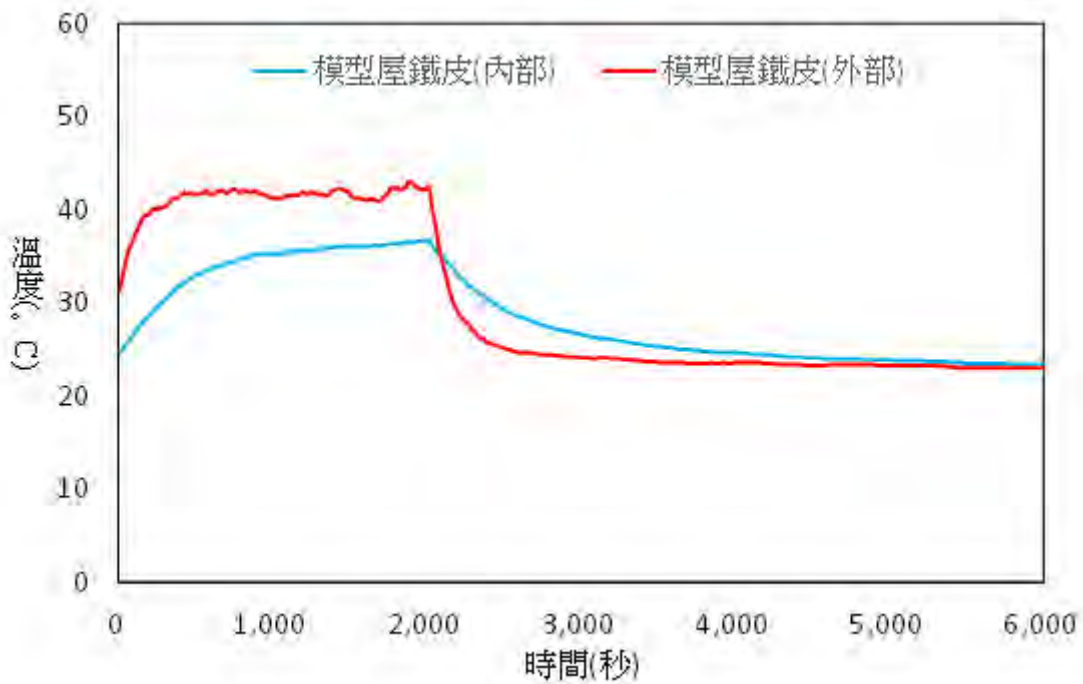


圖 13 鹵素燈模擬太陽針對模型鐵皮屋內外部溫度變化情形

(二)真實環境中竹屋也具有隔熱的能力

真實環境中，竹屋的內外溫差可達 20 度以上，顯示竹屋具有相當良好的隔熱能力，而石板屋內外溫差僅 13.4 度，相較於鐵皮屋內外溫差達 19.1 度，鐵皮屋似有隔熱能力，但可能因本次研究設定的鐵皮屋較為通風，所以可將室內高溫帶走，然而石板屋則因密閉空間，所以使得室內高溫無法被風帶走。

(三)真實環境中竹屋也具有保暖的能力

我們利用 USB 溫度計連續偵測的功能，設定每 10 秒紀錄 1 筆溫度，針對真實環境中的家屋、石板屋和鐵皮屋進行資料整理彙整成圖 14~圖 16 所示，可知家屋於夜晚和清晨時分的內部溫度較外部溫度高出許多，顯示具有較佳的保暖能力，而石板屋則次之，鐵皮屋則較差。

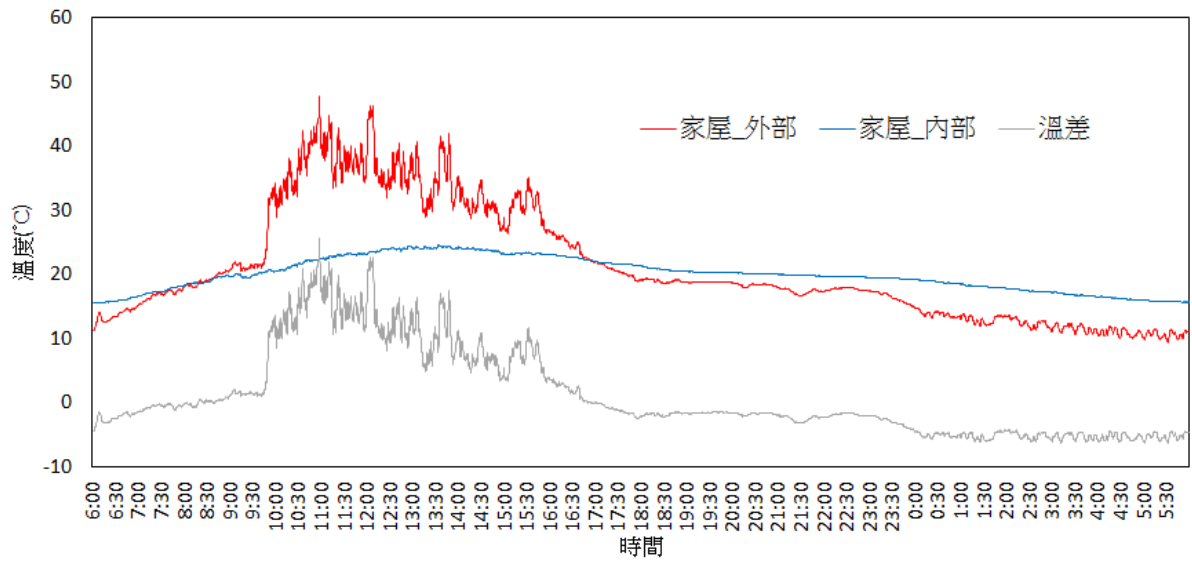


圖 14 真實環境中家屋內外部溫度變化情形

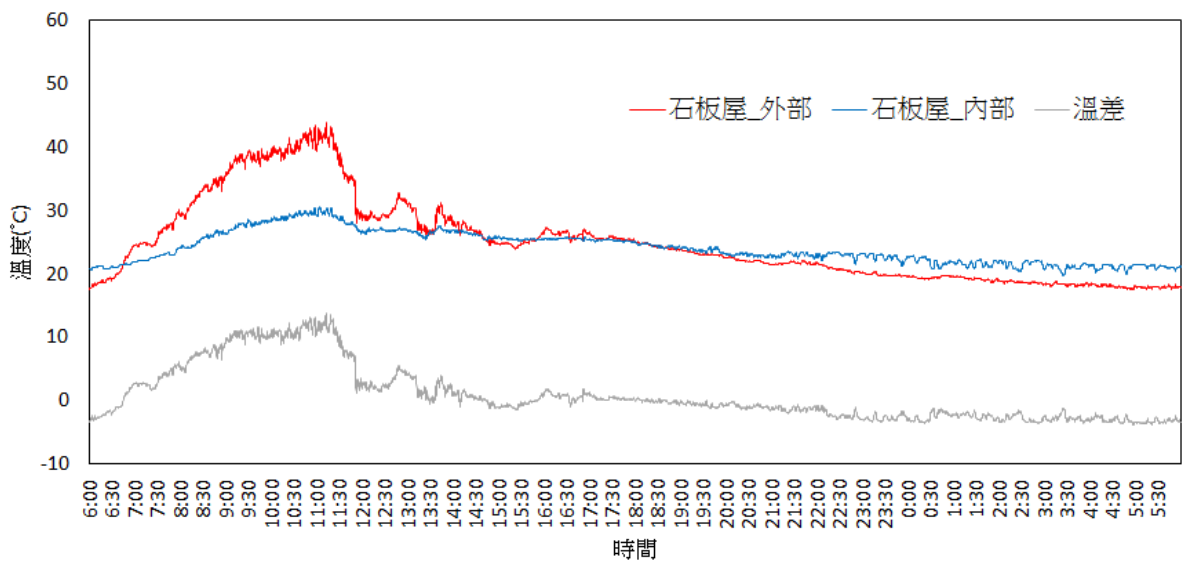


圖 15 真實環境中石板屋內外部溫度變化情形

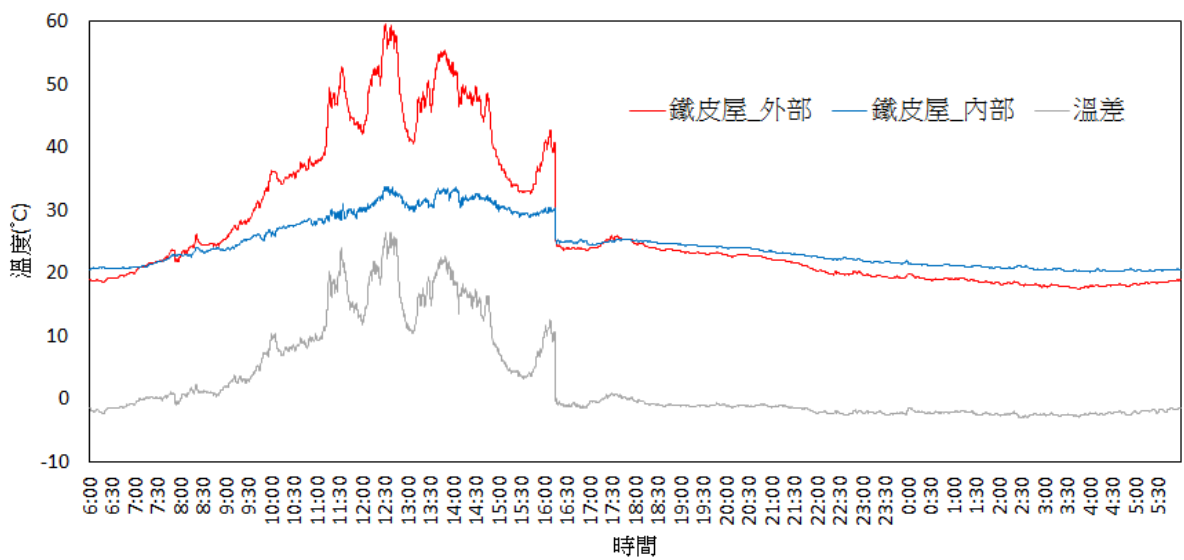


圖 16 真實環境中鐵皮屋內外部溫度變化情形

柒、結論

- 一、本鄉所產的竹子似具有較佳的載重能力，且其可彎曲能力也較佳，但值得注意的是竹子採收後放置長時間後，有可能會使得竹子本身變成硬而脆的情形發生，所以後續應用上須特別注意。
- 二、布農族家屋具有相當防止雨水滲入及隔熱和保暖的能力，後續值得朝向以不同角度來研究布農族家屋，並更深層探討其顯微結構變化。
- 三、布農族家屋亦可藉由最新設計演化，以達到隔熱、保暖和省水的設計，其設計初步模型如圖 17 所示，我們利用屋頂以竹子抱合方式形成雨水溝，利用凹槽收集雨水，並利用水附著原理，雨水可順竹子而下至下方儲水竹管，且家屋東側邊以片狀方式構築，可使家屋通風和透光，最後將家屋西側邊以抱合方式構築，可使家屋隔熱防止西曬帶來的溫度。

	
<p>屋頂以竹子抱合方式形成雨水溝，利用凹槽收集雨水。</p>	<p>利用水附著原理，雨水可順竹子而下至下方儲水竹管，並可利用虹吸原理或毛細現象取水使用。</p>
	
<p>家屋東側邊以片狀方式構築，可使家屋通風和透光</p>	<p>家屋西側邊以抱合方式構築，可使家屋隔熱防止西曬帶來的溫度</p>

圖 17 新型態布農族家屋模型

捌、參考資料及其他

1. 臺灣原住民族文化知識網，<http://www.knowledge.ipc.gov.taipei/ct.asp?xItem=669445&CtNode=17056&mp=cb01>。
2. CNS 454 O2005 木材抗彎試驗法，https://www.cnsonline.com.tw/?node=detail&generalno=454&locale=zh_TW。
3. 臺灣大百科全書，<http://nrch.culture.tw/twpedia.aspx?id=6475>。

【評語】 082919

本作品以模型家屋測試布農族傳統木竹混搭家屋及石板屋的屋頂防水及房屋隔熱功能。研究過程中包含耆老的訪問及技術指導，頗有鄉土特色，是一個在地化的議題，值得鼓勵。研究過程中包含耆老的訪問及技術指導，頗有特色，也能將傳統留下來。建議可增加抱合工法與片狀工法之說明並討論其原理，才能清楚交代隔熱或保暖、省水等特性。

106學年度開學時校園一隅有個巨大的變化，耆老告訴我們木竹混搭建的傳統家屋有許多部落耆老建築智慧藏在其中，我們利用過去三至六年級自然與生活科技所學的課程內容，對家屋的材料與建構方式進行研究，其研究成果如下：

- 一、觀察本鄉所產的竹子(桂竹)與他鄉竹子(桂竹)表徵並無明顯差異。
- 二、本鄉所產的竹子似具有較佳的載重能力，且其可彎曲能力也較佳。
- 三、竹子採收後放置長時間後會有硬而脆的情形發生，後續應用上須特別注意。
- 四、使用抱合法互法具有較佳的防止雨水滲入及隔熱和保暖的能力。
- 五、布農族家屋經最新設計演化，我們建構達到隔熱、保暖和省水設計的初步家屋模型，並符合綠建材與綠建築標章精神。

研究動機

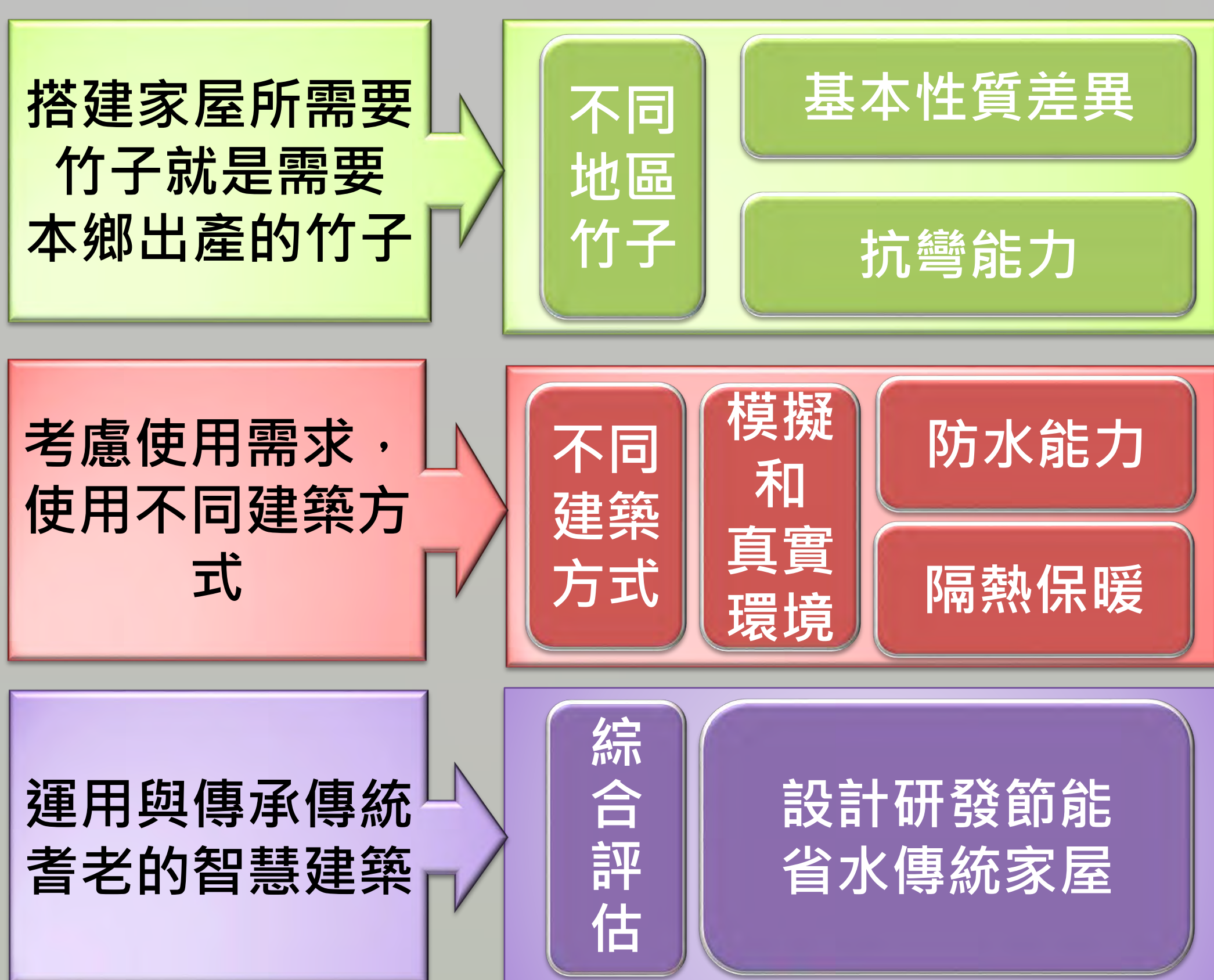
本鄉與附近地區有出產適合搭建竹屋的材料，所以竹屋一直以來是生活在本鄉布農族建築特色之一，且竹屋具有「冬暖夏涼」環保綠建築機能，還有「取之於自然，還之於自然」的環保觀念，以及對自然環境的尊重與共存態度，由此可知布農族祖先的智慧與生命共存的態度。

我們利用過去三至六年級自然與生活科技所學的課程內容，對家屋的建構方式與材料進行觀察和研究，期望可藉由科學研究發揚古老的智慧，甚至希望有機會應用於生活上，又或是加以改良使得傳統家屋有機會更發揚光大。

研究目的

耆老告訴我們木竹混搭建的傳統家屋雖然簡單，但卻有許多部落耆老智慧藏在其中，這也開啟我們研究布農族傳統家屋的開端，所以研究目的條列如下：

- 一、研究本鄉與其他地區竹子的基本性質差異。
- 二、研究本鄉與其他地區竹子的抗彎能力，以映證耆老說明本鄉竹子較佳。
- 三、研究不同建築方式的模型家屋對於防止雨水滲入和隔熱與保暖的能力，以瞭解祖先的建築智慧。
- 四、不同建築方式的模型家屋與實際建築的家屋的差異，以確認模型家屋具有模擬實際家屋的能力。
- 五、綜合以上研究發現與成果，加以運用與傳承耆老的傳統建築智慧，經綜合評估後，設計研發節能省水的傳統家屋。



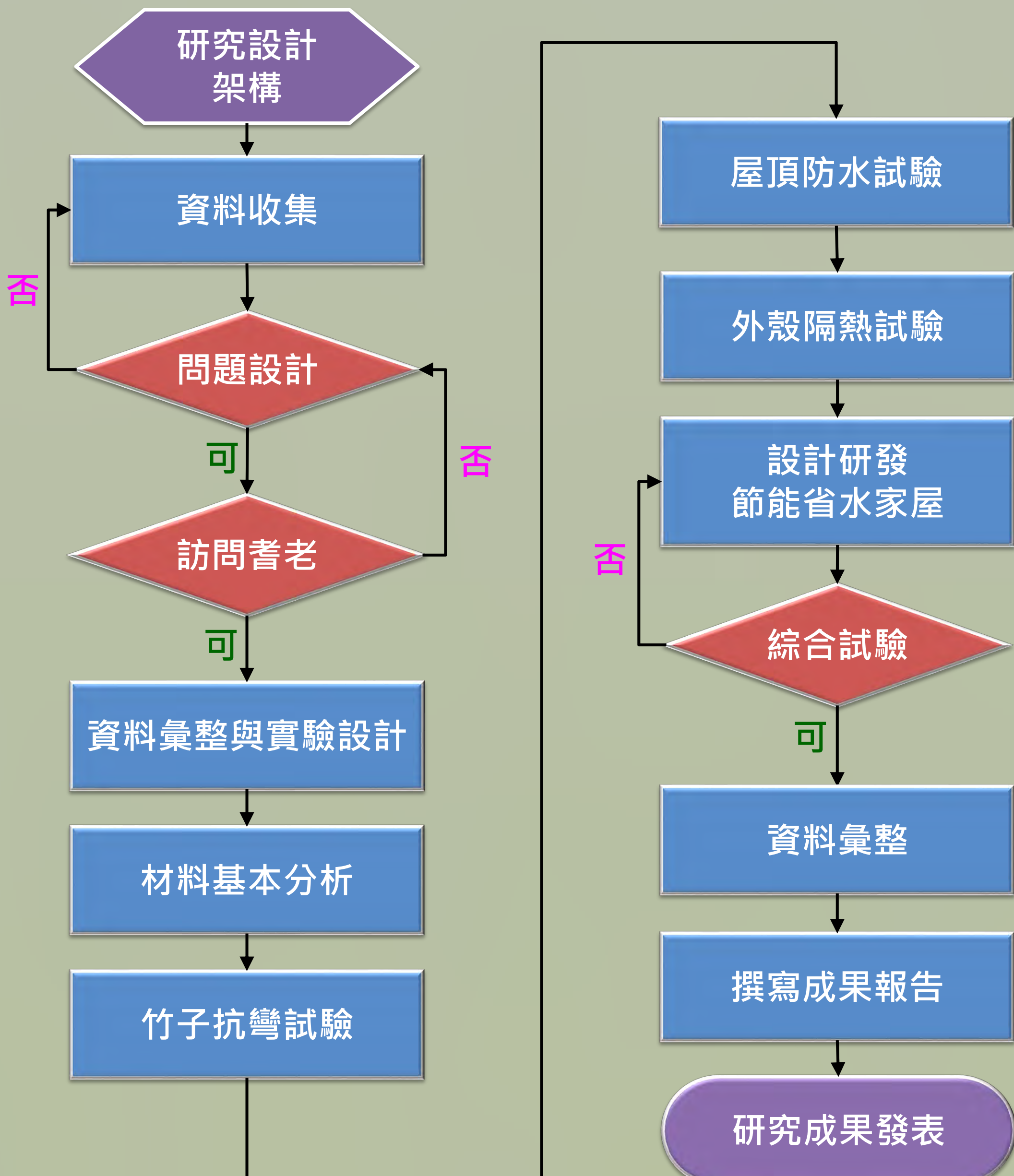
研究設備及器材

- 一、研究設備：分析天平、烘箱、乾燥器、液晶顯示游標卡尺、鹵素電暖器、USB溫度計(連續偵測溫度紀錄器)、電腦，相關設備如右圖所示。
- 二、研究器材：抗壓支撐架、配重盤、塑膠盆、灑水器、沉水式抽水馬達、透明正立方容器(1公升)、柴刀、鋸子、尖嘴鉗、老虎鉗、美工刀、竹子、鐵線、相機、攝影機。
- 三、自製設備及器材：自製抗彎試驗設備、自製模擬降雨設備，相關設備如右圖所示。



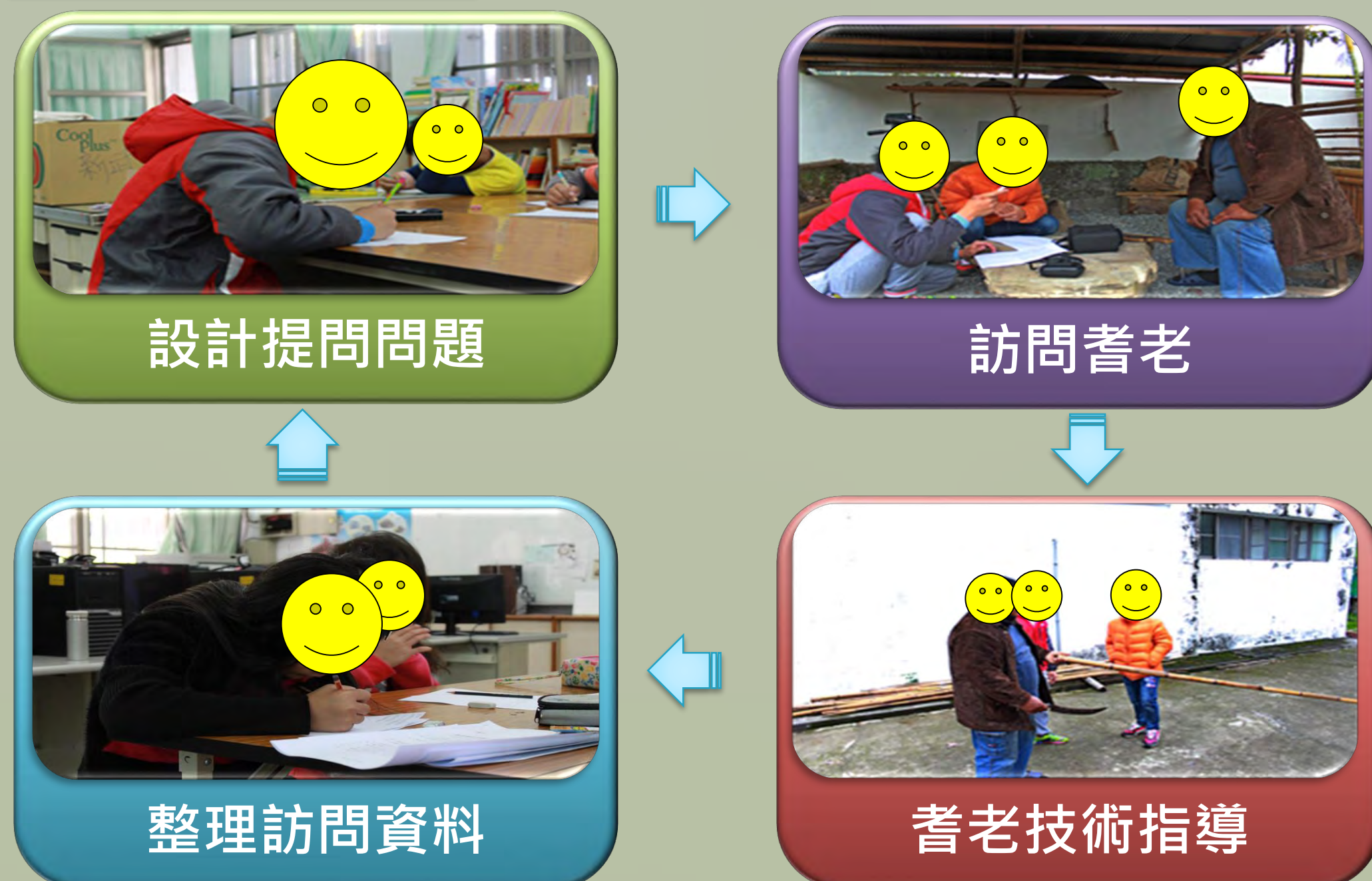
研究流程及方法

一、研究流程



二、研究方法

2-1 訪問耆老過程



2-2 訪問耆老研究重點摘錄(材料篇)

提問	耆老回覆
1. 為什麼一定要用本鄉的竹子?	答：本鄉所產桂竹的桿肉較厚，相較於其他地區桂竹的桿肉較薄，所以本鄉的竹子也比較耐用。
2. 竹子放置許久還可以使用嗎?	答：不建議使用，因為竹子放置久了會因為風吹日曬等因素，使得竹子腐壞。
3. 為什麼耆老比較想使用茅草?	答：茅草排水效果較稻草佳，且稻草較茅草容易腐爛，所以較無法長久使用。

比較本鄉與他鄉竹子差異

比較竹子採收後放置時間的差異

比較不同材質屋頂的差異

2-3 訪問耆老研究重點摘錄(應用篇)

提問	耆老回覆
1. 請問耆老要如何將家屋的材料固定?	答：以前是使用「藤」綁起來固定，現在就用「鐵絲」居多。
2. 耆老蓋家屋的時候在不同的地方有不同的建築方法嗎?	答：夏天就可以用片狀的方式，這樣不僅透光又透風散熱，而冬天時，將竹子對切成半圓形對接形成抱合狀，可以阻擋寒風吹入屋內。
3. 將竹子打成片狀建築家屋只有在颱風天才有可能建築家屋，會不會滲水進來，平常下大雨時仍然不會有滲水的情形因此導致雨水滲入?	答：片狀的方式建築家屋只有在颱風天才有可能滲水進來，平常下大雨時仍然不會有滲水的情形發生。
4. 使用茅草或稻草在下雨天時會不會漏水?	答：不會，因為茅草或稻草都會疊的很密集，所以在下雨天時不會漏水。另外，家屋屋頂傾斜也會協助排水，並防止雨水直接垂直滲入至屋內。
5. 為什麼屋頂最上層需要綁一層竹子? 而不是用釘的?	答：最上層再綁一層竹子是為了要固定屋頂上的材料避免被風吹走，這種建築方式稱為「壓綁」，另若使用釘的方式建造屋頂，則會使屋頂都會一個洞一個洞，這樣反而會漏水。

統一使用鐵絲固定

比較不同建築方法對隔熱與防水差異

屋頂傾斜角度固定

竹屋屋頂統一壓綁

2-4 訪問耆老研究重點摘錄(技術篇)

提問	耆老回覆
1. 耆老您為什麼會蓋家屋的這個技術?	答：阿公要我一定學會蓋家屋的技術，因為已經很少人會蓋家屋的技術。
2. 竹子要如何剖開呢?	答：首先用眼睛觀察竹子直線狀後，用刀子以抵敲的方式稍微固定後，將另一端的竹子也擋住，之後用手輕敲刀背，待刀子稍微剖開竹子後，再用手推動刀背使刀子將竹子剖開。最後利用雙手控制力量大小，使得剖開的竹子能呈現一直線。
3. 家屋所使用竹子抱合方式對接，要如何處理竹子才能完成?	答：利用鐵鎚將桿肉內的各個節點敲除，使得竹子才有辦法是用對接的方式形成抱合狀。
4. 家屋所使用竹子片狀，要如何處理竹子才能完成?	答：利用刀刃先將竹子打裂，後再將打裂的竹子以刀刃剖開成片狀後，再將片狀竹子內部竹節予以切除。



研究結果與討論

一、探討本鄉與其他地區竹子的基本性質

地區	本鄉竹子採收後放置短時間			其他地區竹子採收後放置短時間			本鄉竹子採收後放置長時間			
	粗	中	細	粗	中	細	粗	中	細	
竹節長度 (cm)	34.0	27.5	27.0	34.7	31.5	30.5	37.0	26.5	22.0	
竹徑 (mm)	外徑	40.8~	33.2~	27.7~	35.7~	31.0~	26.8~	34.9~	25.8~	25.5~
	內徑	42.2	34.3	28.7	37.8	34.0	29.5	37.9	28.5	26.1
	內徑	33.6~	27.1~	21.7~	27.6~	25.1~	21.2~	27.6~	19.9~	20.2~
桿肉厚度 (mm)		34.6	28.1	22.8	29.8	27.4	23.4	29.6	22.6	21.7
		3.3~	2.8~	2.5~	3.3~	2.9~	2.8~	3.6~	2.0~	1.8~
水分 (%)	3.6	3.0	3.3	5.0	3.4	3.2	4.6	2.7	2.5	
		10.55		13.50		9.79				

本鄉與其他地區竹子皆為桂竹，與比較放置時間長短不同，由不同竹段的竹節長度、竹徑內外大小、桿肉厚度等觀察可知差異不明顯，但放置時間增加竹子水份有減少趨勢。

地區	本鄉竹子採收後放置短時間			其他地區竹子採收後放置短時間			本鄉竹子採收後放置長時間		
	粗	中	細	粗	中	細	粗	中	細
竹子外觀									
竹子內側									
顯微結構 (側邊)									
顯微結構 (外皮)									
顯微結構 (內層)									

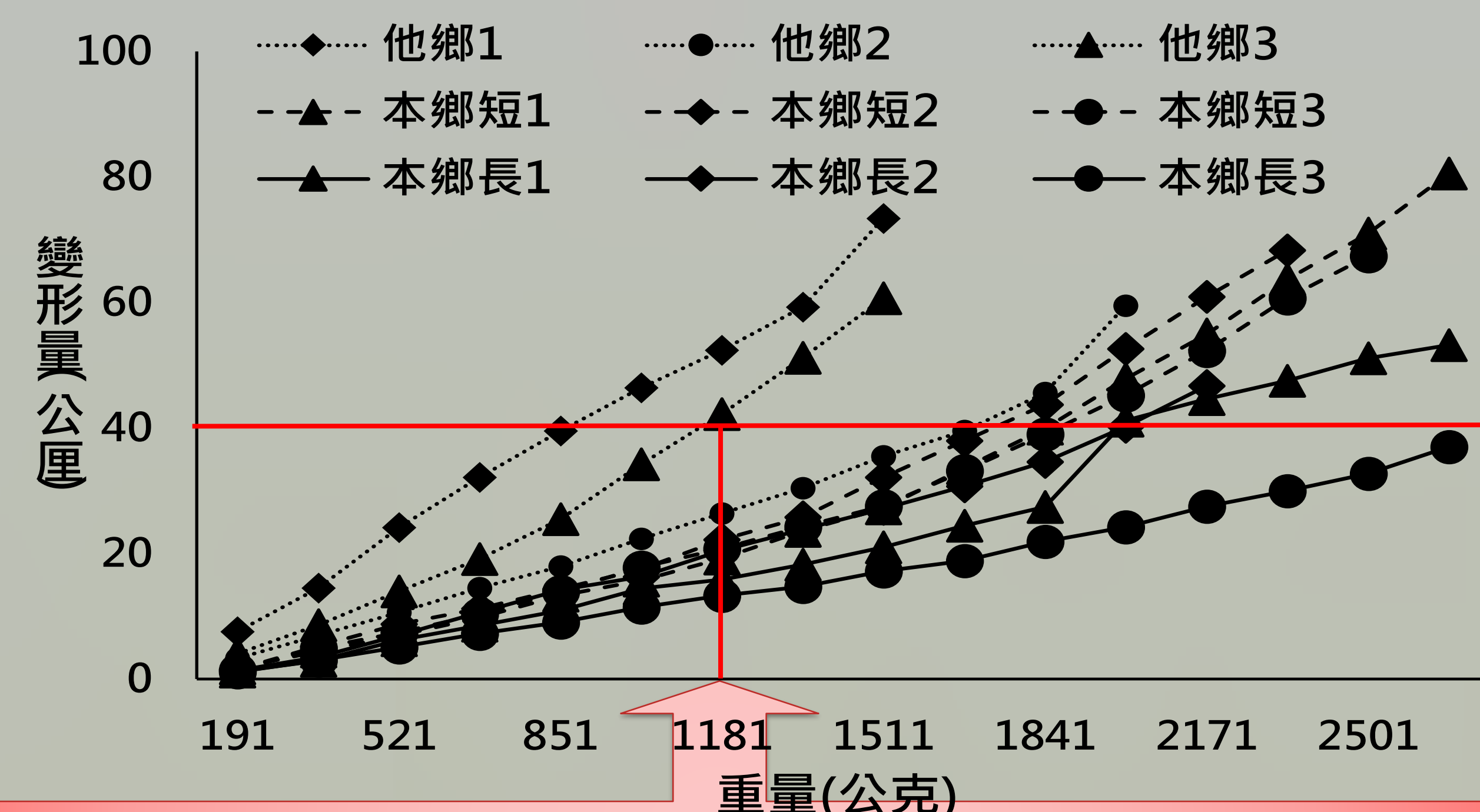
本鄉竹子採收後放置時間增加外觀由深綠色逐漸變成黃色和暗黃色，且竹子內部也由黃白色逐漸變成暗黑色，且由顯微結構觀察新鮮竹子有平滑的結構，並似有含水情形，隨放置時間增長，則呈現凹凸的纖維情形，並似無含水情形。

二、探討本鄉與其他地區竹子的抗彎試驗

2-1 抗彎試驗

第一次改良試驗	第二次改良試驗
試驗載重重量分散，無法符合標準試驗方法精神，且竹子兩端會因載重增加而無法固定，使得改良試驗方法不準確。	試驗載重重量集中，較符合標準試驗方法精神，且竹子兩端已不會因載重增加而無法固定，使得改良試驗方法較準確。

參考CNS 454試驗方法自製抗彎試驗儀器，並進行二階段改良，所測得結果較具有參考價值。



1. 本鄉竹子皆具有較小的變形量，且具有較大的負重能力，所以可作為建築用材料，這與耆老的說法不謀而合。
2. 竹子放置時間長似乎具有較小的變形量，且具有較大的負重能力。

2-2 竹材抗彎試驗斷裂情形與顯微結構分析

本鄉竹子放置短時間		本鄉竹子放置長時間		他鄉竹子放置短時間	
抗彎斷裂外觀	抗彎斷裂顯微結構	抗彎斷裂外觀	抗彎斷裂顯微結構	抗彎斷裂外觀	抗彎斷裂顯微結構

1. 竹子斷裂後，竹子表皮(竹青)仍未斷裂。
2. 本鄉竹子韌皮纖維似乎較多，所以抗彎能力較強。

三、利用模擬環境探討不同建築方式的模型家屋對於防水能力

預先測量模擬降雨的降雨強度	模型家屋進行模擬降雨試驗

降雨強度與滲水量	材料工法	石板屋	竹子	竹子
		堆疊	抱合	片狀
小雨(7mm/10s)後滲水量(g)		2.08	0.15	1.36
大雨(20mm/10s)後滲水量(g)		8.00	1.15	3.62

以抱合工法具有較佳的防水能力，但出乎意料以片狀工法具有防雨能力，這與耆老的說法不謀而合。

四、利用模擬環境探討不同建築方式的模型家屋對於隔熱保暖的能力

4-1 利用模擬環境探討不同建築方式的模型家屋對於隔熱保暖能力

材料	工法	屋外最高溫度(°C)	屋內最高溫度(°C)	溫差(°C)
竹子	抱合	38.2	29.0	9.2
	片狀	30.6	28.2	2.4
石板	堆疊	56.2	34.6	21.6
鐵皮	亮面	43.1	36.7	6.4

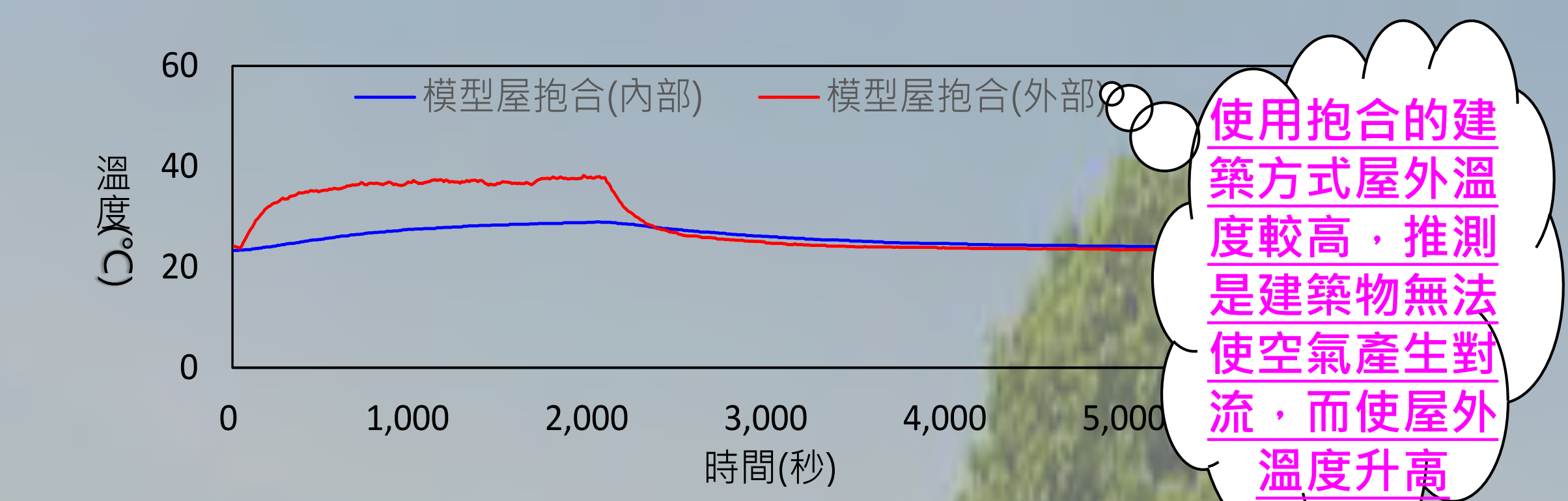
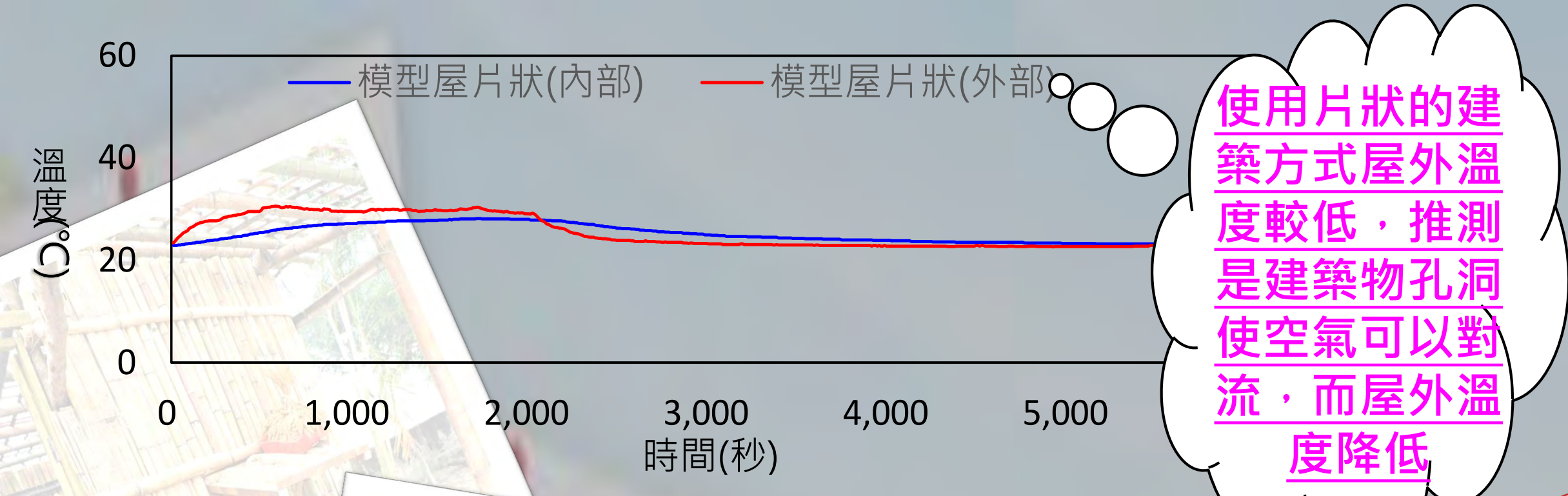
看似隔熱效果最差，但屋內溫度最低
看似隔熱效果最佳，但屋內溫度次高

材料	工法	屋外最低溫度(°C)	屋內最低溫度(°C)	溫差(°C)
竹子	抱合	22.6	22.9	-0.3
	片狀	23.5	23.3	0.2
石板	堆疊	24.5	24.5	0
鐵皮	亮面	22.9	23.4	-0.5

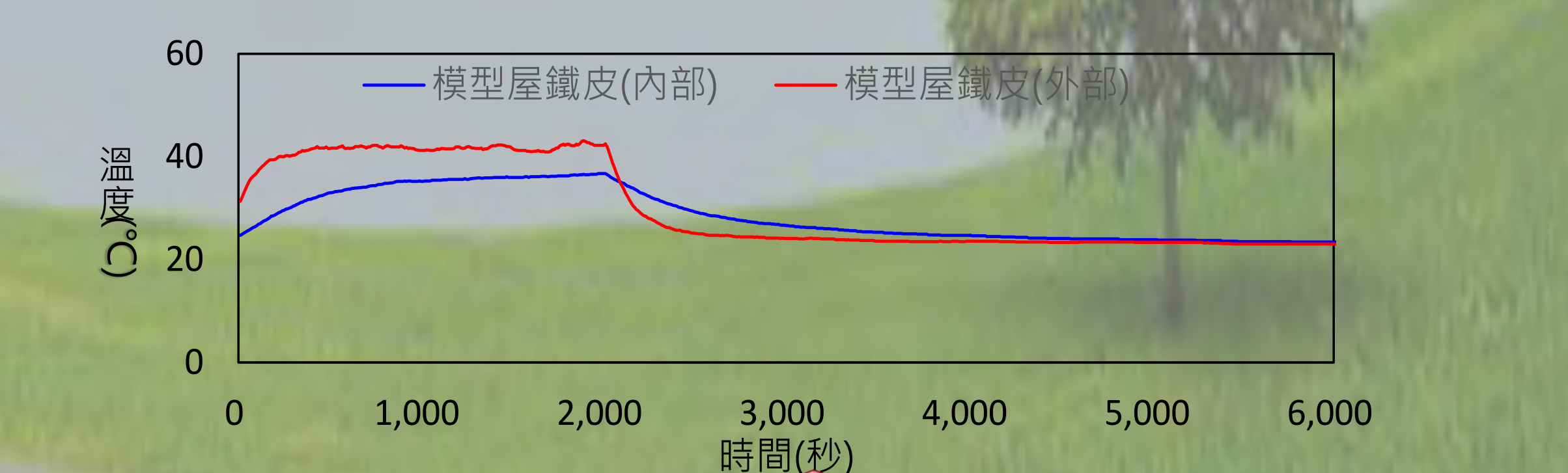
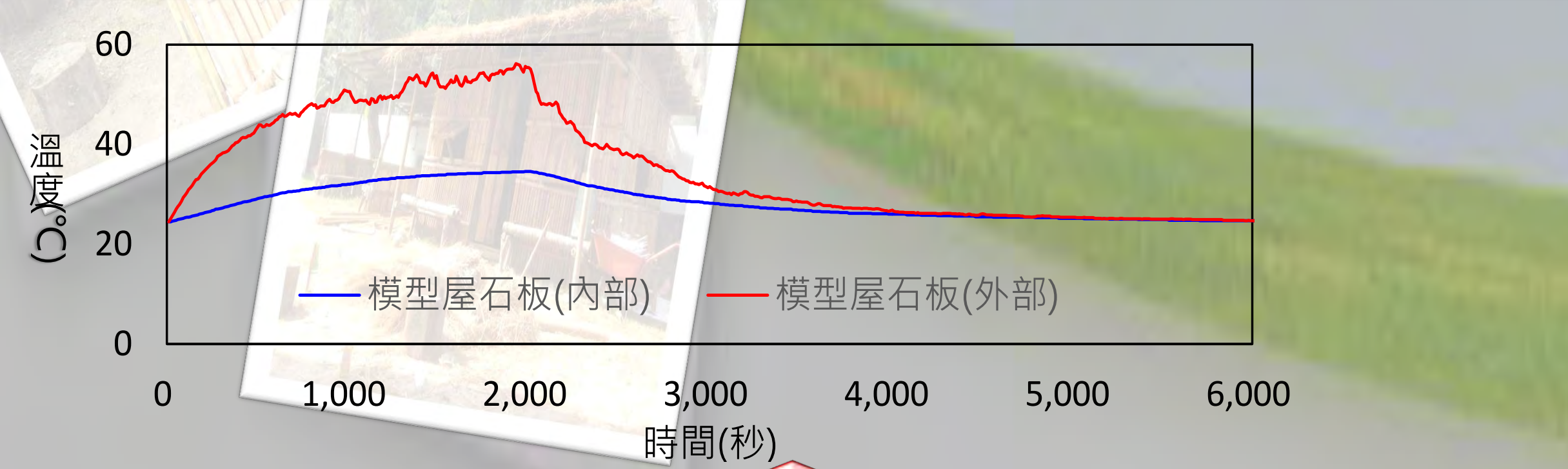
片狀和堆疊的建築方式因具有孔洞使得保暖效果較差

推測不同建築方式是否保暖主要與建築物的密閉程度有關。

1. 使用竹子作為建築材料，雖屋內外溫差小，但擁有最低與次低的屋內外最高溫度，推測屋內外溫度與使用的建築材料(比熱大小)可能有較大影響。
2. 使用片狀或堆疊的建築方式也具有較低的屋內最高溫度，推測建築物有孔洞可增加屋內外空氣的對流而降低屋內溫度，但對屋內的溫度影響較小。



使用竹子作為建築材料，屋外溫度高低變化高達8.0~14.7度，但屋內溫度變化僅5.3~5.7度，顯示**使用竹子(比熱大)作為建築材料(熱傳導速率慢)**具有較舒適的屋內溫度變化。



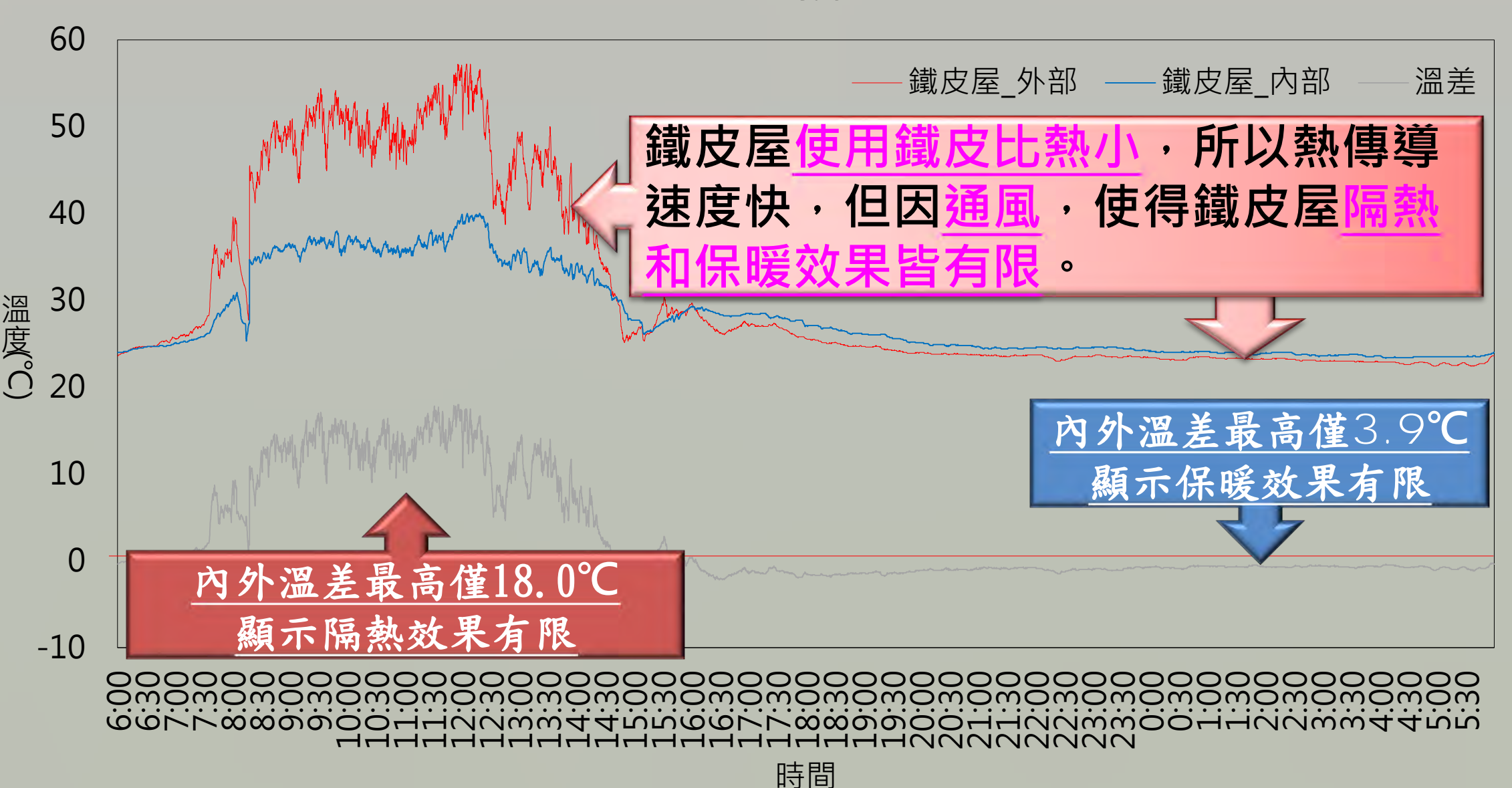
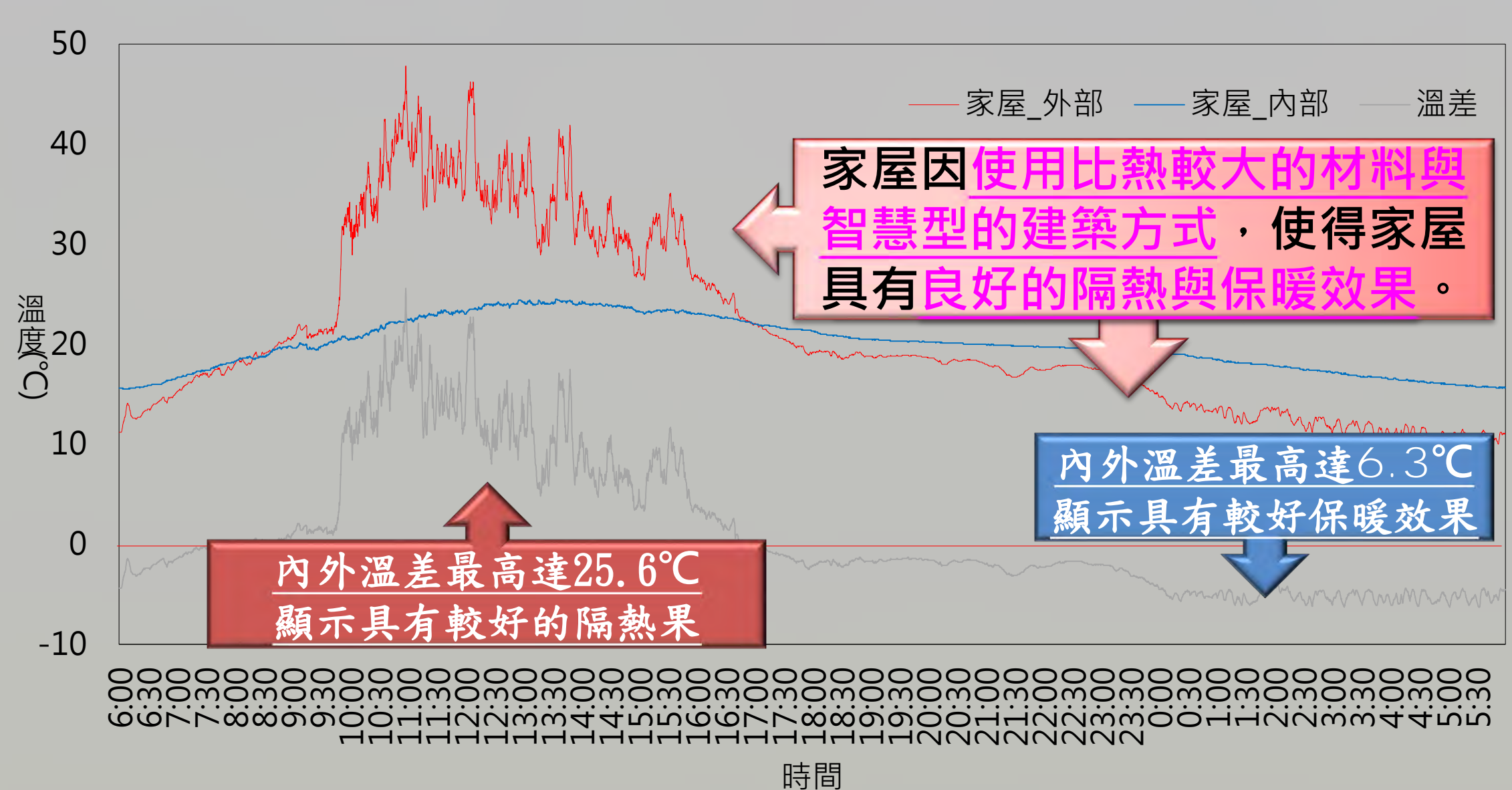
使用石板作為建築材料，雖**比熱較鐵皮大**，但因石板本身**吸熱材料**，所以屋內外溫度高低變化高達10.1~31.7度，且當熱源消失後，降溫仍相當緩慢，顯示使用石板作為建築材料可能沒有夏涼的優點。

使用鐵皮作為建築材料，其**比熱小熱傳導速度快**，所以屋內外溫度高低變化高達13.3~20.2度，且當熱源消失後，雖屋外降溫快，但屋內降溫仍相當緩慢，顯示使用鐵皮作為建築材料可能沒有夏涼的優點。

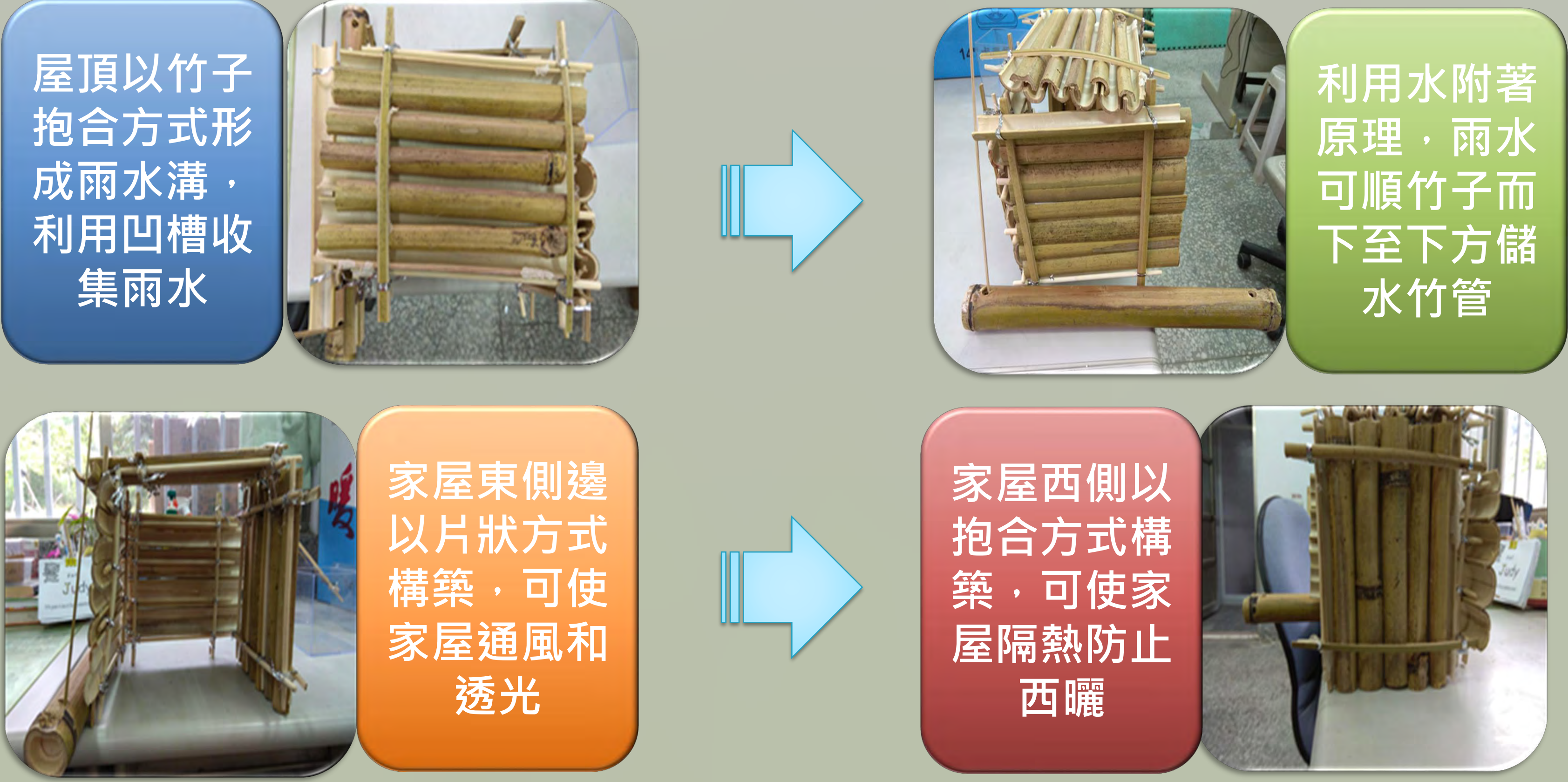
4-2 探討真實環境中不同建築方式的家屋對於隔熱保暖能力

材料	工法	屋外最高/最低溫度(°C)	屋內最高/最低溫度(°C)	屋外與屋內最高溫/最低溫溫差(°C)	屋內最高溫與最低溫溫差(°C)
竹子	稻草屋頂	47.8/9.4	24.5/15.5	23.3/-6.1	9.0
石板	堆疊	44.0/17.5	30.6/19.8	13.4/-2.3	10.8
鐵皮	黑色	57.2/22.4	40.0/23.3	17.2/-0.9	16.7

使用竹子搭建的家屋因使用**比熱較大的材料與智慧型的建築方式**，使得竹屋屋外與屋內最高溫差達23.3度，屋外與屋內最低溫差達-6.1度，且屋內最高溫與最低溫溫差僅9.0度，顯示竹屋具有**良好的隔熱與保暖效果**。



五、綜合評估設計研發節能省水的傳統家屋



Green Building Materials 結論 Green Building 綠建築標章 GREEN BUILDING

- 綜合以上研究成果與討論，本研究結論如下：
- 一、觀察本鄉所產的竹子(桂竹)與他鄉竹子(桂竹)表徵並無明顯差異。
 - 二、本鄉所產的竹子似具有較佳的載重能力，且其可彎曲能力也較佳。
 - 三、竹子採收後放置長時間後會有硬而脆的情形發生，後續應用上須特別注意。
 - 四、使用抱合法互法具有較佳的防止雨水滲入及隔熱和保暖的能力。
 - 五、布農族家屋經最新設計演化，我們建構達到隔熱、保暖和省水設計的初步家屋模型，並符合綠建材與綠建築標章精神。

Green Building Materials 參考資料及其他 Green Building 綠建築標章 GREEN BUILDING

1. 臺灣原住民族文化知識網，<http://www.knowledge.ipc.gov.taipei/ct.asp?xItem=669445&CtNode=17056&mp=cb01>。
2. CNS 454 02005木材抗彎試驗法，https://www.cnsonline.com.tw/?node=detail&generalno=454&locale=zh_TW。
3. 臺灣大百科全書，<http://nrch.culture.tw/twpedia.aspx?id=6475>。
4. 竹材產業技術諮詢中心，http://www.bambootw.net/index03_0403.htm。