

中華民國第 65 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 地球科學科

080506

風風退散—校園菜宅擋風模型設計研究

學校名稱： 澎湖縣白沙鄉後寮國民小學

作者：	指導老師：
小六 謝承洲	吳曼駿
小六 李懿汝	
小六 陳廷偉	
小六 林妍恩	
小六 林毅泰	

關鍵詞： 菜宅、防風、擋風牆

風風退散—校園菜宅擋風模型設計研究



註：本報告所有照片、圖表皆為自行拍攝、繪製。

風風退散—校園菜宅擋風模型設計研究

摘要

先民為了保護心愛的農作物，不被冬季強勁且挾帶海水飛沫的東北季風所迫害，「菜宅」這樣的建築因應而生。而究竟怎樣的菜宅樣式與尺寸，有著最佳的擋風效果？風被菜宅的阻擋後，風向又是如何的變化？

透過製作風向觀測工具、菜宅模型，我們測量看不見的空氣並透過討論繪製模型。當風遭遇牆面阻擋後會改變風的流動方向，在阻擋牆後方形成無風區及逆風區，並在離阻擋牆較遠的地方重新匯流。阻擋牆的高度越高，無風區及逆風區的區域就會較大。

據本實驗結果，各種菜宅擋風效果為：目字型>長方形>匱字型>單牆型。而學校菜園的用圍網及南洋杉的防風設施，雖然是透氣材質，但亦能有效達成防風效果。

壹、前言

一、研究動機

本縣地勢低平，每年到冬天，就會吹起強勁的東北季風，由於本縣處處都離海不遠，強烈的風勢會將海上的浪花飛沫帶到陸地上，這種俗稱「鹹水煙」的海水飛沫，對於陸地上的植物生存是極大挑戰。老祖先們為了能夠在這樣的環境下種植作物，就地取材，利用玄武岩、珊瑚礁或灘岩，搭建成「菜宅」防風和鹹水煙。

食農教育是我們學校課程的一部分，校園裡有一塊很大的農地供師生耕作，因此防風的工程非常的重要，但我們學校並無使用傳統的珊瑚礁岩或石頭搭建成圍牆，而是使用圍網和南洋杉防風林的設置來防風。因此我們想知道菜宅究竟如何防風？我們想透過實驗與動手做來進行研究，先了解風吹到菜宅後的流動方式，去了解如何有效的設計菜宅，並評估使用圍網與防風林的設置是否有防風的效果，並改善學校的菜園防風設置。。

二、研究目的

- (一) 動手製作風向觀測工具與菜宅模型。
- (二) 在室內進行模擬實驗，推測風吹過菜宅的流動方式。
- (三) 觀察學校菜園的防風設施，評估成效與改善計畫。



圖1.研究架構圖

三、文獻回顧重點

- (一) 雖然空氣透明無色，平常以肉眼無法觀察，但利用風速計、風向計，就可以測量風的強弱與風向。
- (二) 風洞可以用來進行空氣力學的相關研究，能產生穩定的風源。

貳、研究設備及器材

表1、研究設備及器材表

設備或器材名稱	數量	用途	備註
風洞	1 座	提供穩定的風力與風向	使用成品
風向觀測工具	1 組	戶外實驗測風向	自製
風速計	1 個	測量風速	
塑膠瓦楞板及硬紙板		製作菜宅模型	
圍網		製作菜宅模型	
刷子		模擬南洋杉防風林設置	
工業電扇	1 支	提供風源	

參、研究過程或方法

一、觀察風吹過單道牆面模型的變化。

- (一) 因受限於風口40公分方形口，且測量風向的道具高度，並考量到無法精良數據觀察，因此將模型故裁切 25cm(寬) x 20cm(高)、25cm x 10cm兩種規格的塑膠瓦楞板作觀察比較。

(二) 以竹籤及細棉繩製作風向觀測工具。

(三) 利用風向觀測工具，觀察風吹過單道牆面的變化，分析各牆面背風處不同水平與、垂直位置的風向變化。

二、觀察風吹過「匚」字型牆面模型的變化。

(一) 製作，25cm(寬)x20cm(高) x 30cm(縱深)、25cmx10cmx30cm及25cmx20cmx80cm、25cmx10cmx80cm之「匚」字型牆面模型。

(二) 對25cmx20cmx30cm、25cmx10cmx30cm這組測量風吹過牆面模型的風向變化。

(三) 對25cmx20cmx80cm、25cmx10cmx80cm這組測量風吹過牆面模型的風向變化。

(四) 觀察、記錄並分析。

三、觀察風吹過長方形菜宅模型的變化。

(一) 製作，25cm(寬) x20cm(高) x80cm(縱深)之長方形菜宅模型。

(二) 測量風吹過長方形菜宅模型的風向變化。

(三) 觀察、記錄並分析。

四、觀察風吹過改良型菜宅模型的變化。

(一) 針對25cm x20cm x80cm之長方形菜宅模型改良背風處牆面的角度。

(二) 針對25cm x20cm x80cm之長方形菜宅模型改良成匱字型的模型

(三) 測量風吹過改良過的長方形菜宅模型的風向變化。

(四) 觀察、記錄並分析。

五、觀察校園擋風設施做防風模型的變化(圍網牆模型)

(一) 對一層到多層圍網牆模型做使用風速計，觀察風力減少狀況。

(二) 製作，圍網牆模型(一面，匱字型、長方形及匱字型)

(三) 測量風吹過圍網牆模型模型的風力變化，觀察、記錄並分析。

六、觀察校園擋風設施做防風模型的變化(南洋杉防風林模型)

(一) 對一層到多層南洋杉防風林模型做使用風速計，觀察風力減少狀況。

(二) 將南洋杉防風林模型組合到長方形菜宅模型中

(三) 測量風吹過圍網牆模型模型的風向變化，觀察、記錄並分析。

肆、研究結果與討論

一、觀察風吹過單道牆面模型的變化。

(一) 製作風向觀測工具：

- 1.在塑膠瓦楞紙上以5公分見方刻畫格子，方便判讀距離(照片1)。
- 2.為了觀察風遇到牆阻擋後風向的變化，一開始使用砂土，但沙土太重，風是不夠強，無法吹動，所以無法使用。(照片2)
- 3.之後評估周邊方便取得又容易被吹動的物品，我們使用了衛生紙碎屑，被吹動效果是滿顯著的(照片3)
- 4.衛生紙碎屑只能觀察最底下的風動情況，因此選擇使用竹籤，每4公分黏上細綿線，即在4公分、8公分、12公分、16公分、20公分高，並插入畫有5公分方格的塑膠瓦楞紙上，用細綿線觀察風向，做成立體風向觀察工具。(照片4)
- 5.風速的變化：在無模型時，出風口處風速為 4.2 m/s ，80cm處(模型最遠處)為 3.1 m/s 。使用立體風向觀測工具後，80cm處風速為 2 m/s ，顯示此工具會明顯降低風速，但作為風向觀測工具，依然可以使用，但模型內風速時，在需要無此工具的狀況下測量。



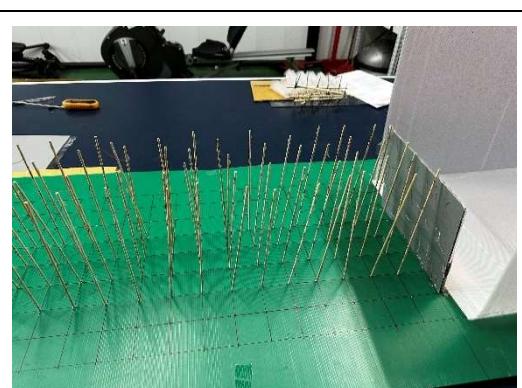
照片1.在塑膠瓦楞紙上割畫格子



照片2.使用沙土做風向觀測工具



照片3.使用衛生紙碎屑做風向觀測工具



照片4.立體風向觀測工具

(二) 第一次實驗：

在牆後鋪滿衛生紙碎屑，觀察衛生紙碎屑的流動方向，發現碎屑不是預期的順著風向飛走，而是有一股風往回吹往牆壁，造成碎屑除了離牆很遠的直接飛遠外，靠近牆面的會回流至牆壁後方 (表2)。這跟我們預期風往前帶走碎屑，沒被吹動的就會留在原地，但沒想到會有回流，一開始還以為是因為在教室實驗，空間小造成的風遇到教室牆面回流導致。後來跑去空間寬大的教室在實驗時，還是發生如此狀況，確定風經過牆壁後，牆後的風不會平平的往前吹而已，是會慢慢降至的面，甚至會有回流的狀況發生。

表 2. 使用衛生紙碎屑觀察不同單牆面模型後方風向紀錄

尺寸	寬25 *高20(cm)	寬25 *高10(cm)
結果 照片		
碎屑 位置	牆後5公分到30公分處	牆後0公分到15公分處

(三) 第二次實驗：

由於衛生紙碎屑無法觀察風在高處的風向變化，因此製作立體的風向觀測工具觀察。在牆後每5公分的平面上插上4支竹籤觀測(25公分寬，可設置4支) (照片4)。

(四) 觀察得知在單牆面正後方，基本上是屬於無風或弱風的地方，但底部會形成一股逆向的風。而在遠離牆面的一段距離後，就會有順向風出現 (表3)。我們推測是風吹過單片牆後，會從牆上方繼續前進，之後再往地面下降後，繼續前行。而逆向的風，則是有一股往力量將原本下降的風，帶走一些回流導致，我們推測可能是牆後的氣壓較小，導致風有回流現象。

(五) 風速的變化：在10cm高及20cm高的模型中，測得逆風風速最高皆為1.5m/s。

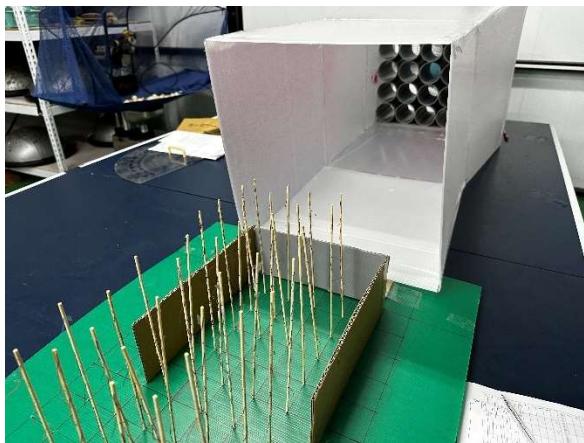
表3.不同單牆面模型後方風向紀錄表

尺寸	位置 高度	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
寬 25 x 高 20	20	0	0	0	0	0	0	0	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	→	→	→	→	→	→	→	→
	12	0	0	0	0	0	0	0	0	→	→	→	→	→	→	→	→
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	→	→	→	→	→	→	→	→
	4	←	←	←	←	←	←	←	←	→	→	→	→	→	→	→	→
寬 25 x 高 10	20	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	16	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	12	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	8	←	←	←	←	←	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	4	←	←	←	←	←	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→

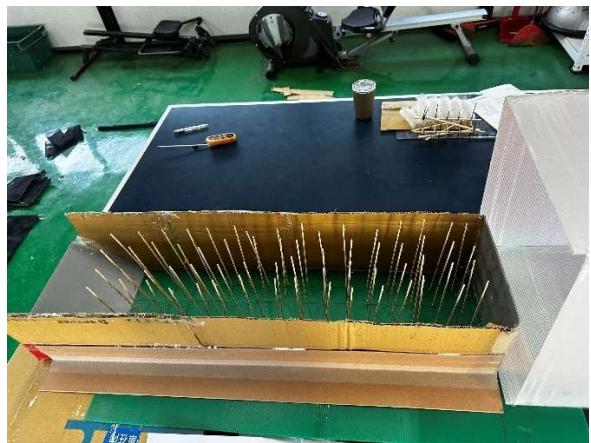
說明：1.箭頭方向表示風向，紅色字體代表逆向風，0表示沒風或微風無法觀測風向。
2.風向是以同距離4支竹籤的主要方向為主，與實際會有些許不同。

二、觀察風吹過「匚」字型牆面模型的變化。

- (一) 製作多個匚字型牆面側面30公分長(照片5)，及側面80公分長的兩種模型進行研究，兩種皆用高10公分及20公分的類型，並與單一牆面進行比較。
- (二) 在相同側面長度(30公分)的匚字型牆面實驗，不管是10公分高的還是20公分高的模型可以發現逆向風的出現與順向風出現的點在側面30公分之後才發生。逆風風速，10cm高的最高為1.5 m/s，20cm高則0m/s(微弱，風速計無法測出)。可知20公分高的模型可以發現牆後無風的區域比較多，防風效果較好(表4)。
- (三) 在相同側面長度(80公分)的匚字型牆面實驗，不管是10公分高的還是20公分高的模型順向風出現的點差異不大，但20公分高的模型的逆風出現位置則離擋風牆較遠的地方。逆風風速，10cm高的最高為0(微弱，風速計無法測出)，20cm高則0.8m/s。可知20公分高的模型可以發現牆後無風的區域比較多，防風效果較好(表5)。
- (四) 匚字牆模型與單面牆模型相比，雖然差異看起來不大，但匚字型順風的出現位置整體來說比單面牆後面些，防風效果三面牆較佳。



照片 5. 口字型牆面模型1



照片 6. 口字型牆面模型2

表4. 不同口字型牆面模型(側面長度30公分)後方風向紀錄表

尺寸	位置 高度	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
		20	0	0	0	0	0	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
x	25	16	0	0	0	0	0	←	0	0	→	→	→	→	→	→	→
	12	0	0	0	←	←	←	0	0	→	→	→	→	→	→	→	→
	高	8	0	0	←	←	←	0	0	→	→	→	→	→	→	→	→
	20	4	0	0	←	←	←	←	←	→	→	→	→	→	→	→	→
x	20	20	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	16	16	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	12	12	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	高	8	0	←	←	←	←	←	←	→	→	→	→	→	→	→	→
	10	4	0	←	←	←	←	←	←	→	→	→	→	→	→	→	→

說明：1.箭頭方向表示風向，紅色字體代表逆向風，0表示沒風或微風無法觀測風向。

2.風向是以同距離4支竹籤的主要方向為主，與實際會有些許不同。

表5. 不同ㄇ字型牆面模型(側面長度80公分)後方風向紀錄表

尺寸	位置 高度	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
		20	0	0	0	0	0	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
高	25	16	0	0	0	0	0	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	X	12	0	0	0	0	0	0	←	→	→	→	→	→	→	→	→
	8	0	0	0	0	0	0	←	←	←	→	→	→	→	→	→	→
	20	4	0	0	0	←	←	←	←	←	←	→	→	→	→	→	→
	10	20	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
寬	25	16	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	X	12	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	高	8	0	0	0	←	←	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	10	4	0	0	←	←	←	0	0	0	→	→	→	→	→	→	→
	20	20	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→

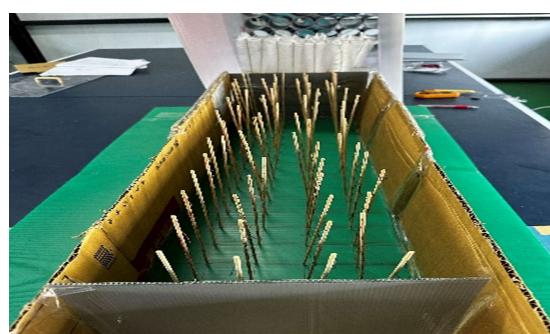
說明：1.箭頭方向表示風向，紅色字體代表逆向風，0表示沒風或微風無法觀測風向。

2.風向是以同距離4支竹籤的主要方向為主，與實際會有些許不同。

三、 觀察風吹過長方形菜宅模型的變化。

(一) 比較長方形菜宅模型(照片 7)、ㄇ字型牆面和單一牆面，發現相同大小的長方形菜宅，能產生最大的無風、逆風區域(表6)。

(二) 但長方形模型的逆風與ㄇ字型跟單一牆面的不同，是從後面阻擋牆後延伸出來的，可以推測是牆後的順向風遇到後面阻擋牆後所產生的，測得最強逆風為0.8m/s，雖然比單面牆、ㄇ字型的模型逆風弱，但因為成因是比較可控的，所以想改良成不會回彈變逆風，防風的效果就更好了。



照片 7.長方形菜宅模型

表6. 牆高20公分的長方形、ㄇ字型(80cm)與單面牆模型牆後方風向紀錄表

類型	位置 高度	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
長 方 形	20	0	0	0	0	0	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	16	0	0	0	0	←	←	←	←	→	→	→	→	→	→	→	→
	12	0	0	←	←	←	←	←	←	←	←	←	→	→	→	→	→
	8	0	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	→
	4	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←
ㄇ 字 牆	20	0	0	0	0	0	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	16	0	0	0	0	0	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	12	0	0	0	0	0	0	←	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	8	0	0	0	0	0	←	←	←	→	→	→	→	→	→	→	→
	4	0	0	0	←	←	←	←	←	←	←	→	→	→	→	→	→
單 面 牆	20	0	0	0	0	0	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	16	0	0	0	0	0	←	0	0	→	→	→	→	→	→	→	→
	12	0	0	0	←	←	←	0	0	→	→	→	→	→	→	→	→
	8	0	0	0	←	←	←	0	0	→	→	→	→	→	→	→	→
	4	0	0	←	←	←	←	←	←	→	→	→	→	→	→	→	→
說明：1.箭頭方向表示風向，紅色字體代表逆向風，0表示沒風或微風無法觀測風向。																	
2.風向是以同距離4支竹籤的主要方向為主，與實際會有些許不同。																	

四、改良長方形模型1-傾斜的阻擋牆。

(一) 為了讓牆後的順向風不會遇到阻擋牆後，變成強勁的回捲逆風，觀察風撞到牆壁後，會不會因為牆的角度不同而有不同的前進方向，我們用夾角90度、夾角60度、夾角45度及夾角30度去觀察(表7)。發現後面牆如果是呈現45度的傾斜，就較不會讓風碰壁回捲，夾角30度的結果更佳。

(二) 將長方形的後面阻擋牆用夾角90度、45度及30度，做實驗，觀察風向的差異(表8)。觀察發現後面阻擋牆傾斜角度45度和30度時，回捲的逆風變少，且不是牆壁反彈而來。但牆角傾斜角度大，在務實方面似乎就比較難以施行。

表7. 風遭遇阻擋牆各角度的觀察表

夾角	照片	結果
90度		風朝四周各角度前進， 往下的風會形成回捲的 逆風。
60度		還是有向下的風，亦會 形成回捲的逆風。
45度		風朝左右及上方前進， 無向下的風。
30度		風以朝上前進為主，無 向下的風。

表8. 不同長方形牆面模型(寬25cm x高20cm x長80cm)後方風向紀錄表

尺寸	位置 高度	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
		20	0	0	0	0	0	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
後 牆 90 度	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
後 牆 45 度	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
後 牆 30 度	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

說明：1.箭頭方向表示風向，紅色字體代表逆向風，0表示沒風或微風無法觀測風向。

2.風向是以同距離4支竹籤的主要方向為主，與實際會有些許不同。

五、改良長方形模型1-目字形模型。

(一) 觀察長方形的模型，發現順風大概出現在牆後30公分，因此我們如果從牆後25公分處加入一個阻擋牆，並加入一組除了25公分處，50公分處也加入一個擋風牆，觀察這兩個模型的風向變化。(照片8，表9)

(二) 與長方形模型相比，插入25公分處阻擋牆的似乎與其差異不大，但反彈的回捲逆風有比較減弱一些，風速為0(微弱，無法測得)。插入兩個阻擋牆的效果則好了不少，但其實阻擋牆都還是會產生許多回捲的逆風，不過這似乎是目前最佳的防風牆的模型了。



照片8.目字型菜宅模型

表9. 不同目字型牆面模型(寬25cm x高20cm x長80cm)後方風向紀錄表

插入	位置 高度	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
無 插 入	20	0	0	0	0	0	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	16	0	0	0	0	←	←	←	←	→	→	→	→	→	→	→	→
	12	0	0	←	←	←	←	←	←	←	←	→	→	→	→	→	→
	8	0	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	→
	4	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←
25 cm 處	20	0	0	→	→	0	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	→	→	→	→	→	→
	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	←	←	←	←	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	←	←	←	←	0	0	0	←	←	←	←	←	←	←	←	←
25 cm 、 50 cm 處	20	0	0	0	0	0	→	→	→	→	0	→	→	→	→	→	→
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	←	←	←	←	0	0	0	0	←	←	←

說明：1.箭頭方向表示風向，紅色字體代表逆向風，0表示沒風或微風無法觀測風向。

2.風向是以同距離4支竹籤的主要方向為主，與實際會有些許不同。

3.藍色底為插入擋風牆處

六、校園菜宅擋風設施模型設計與測量-圍網牆。

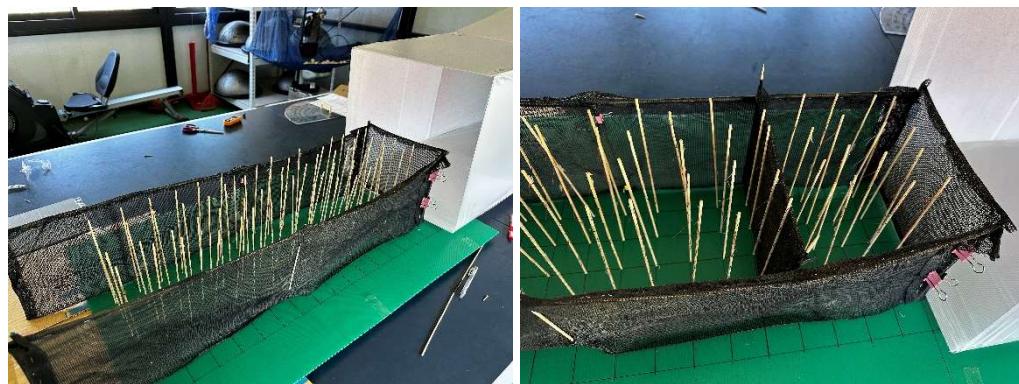
(一)由於圍網是有洞的透氣材質，因此先測量其阻擋風的效果如何，在沒遮擋前風速為4.2m/s，使用一層圍網後，在牆後測得風速為2.7m/s，直接緊密再疊一層，則為2.2m/s，這說明圍網有效阻風功效。

(二)使用圍網製作，單一牆模型、匱字型模型、長方形模型及匱字型模型，觀察風遇到圍網牆後的風向變化。(照片9、照片10、表10、表11)

(三)觀察5個模型的風向變化，我們發現由於圍網的透氣現象，導致都沒有發現有逆風的現象。

(四)在單一牆面型時，雖然整體都是順向風，但不只阻擋牆後方的風力減弱，到了80cm處的風力0.9m/s，並沒有怎麼增強。而在匱字型的模型上，甚至到45公分處，風速變成了0，表示匱字型的模型效果極佳。

(五)在長方形的模型上，除了最上層有些風外，跟匱字型效果差不多，而且也不會造成反彈的回捲逆風。再插入中間的一層圍網後，發現插入的圍網後方的風速也變為了0，那一開始疊兩張的測試是因為緊密而造成效果變差，應該給予一定的空間達到減風的效果。因此把中間的圍網移到5公分處，果然牆後的風速也變成了0。這表示圍網的防風效果是很有用的。



照片9.圍網匱字型菜宅模型

照片10.圍網匱字型菜宅模型

表10. 圍網單牆面型及ㄇ字型牆面模型(寬25cm x高20cm x長80cm)後方風向紀錄表

種類	位置 高度	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
		20	16	12	8	4											
單牆面	20	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	16	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	12	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	8	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	4	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
ㄇ字型牆面	20	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	16	→	→	→	→	→	→	→	→	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	→	→	→	→	→	→	→	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	→	→	→	→	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	→	→	→	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

說明：1.箭頭方向表示風向，紅色字體代表逆向風，0表示沒風或微風無法觀測風向。

2.風向是以同距離4支竹籤的主要方向為主，與實際會有些許不同。

表11. 圍網長方形及目字型牆面模型(寬25cm x高20cm x長80cm)後方風向紀錄表

插入 高度	位置																
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
無 插 入 牆	20	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	16	→	→	→	→	→	→	→	→	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	→	→	→	→	→	→	→	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	→	→	→	→	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	→	→	→	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
插入 25 cm 處	20	→	→	→	→	0	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	16	→	→	→	→	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	→	→	→	→	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	→	→	→	→	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	→	→	→	→	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
插入 5 cm 處	20	0	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

說明：1.箭頭方向表示風向，紅色字體代表逆向風，0表示沒風或微風無法觀測風向。
2.風向是以同距離4支竹籤的主要方向為主，與實際會有些許不同。
3.藍色底為插入擋風牆處

六、校園菜宅擋風設施模型設計與測量-南洋杉防風林模型。

(一) 使用毛刷模擬南洋杉的型態(照片11)，雖無法測試精準的數據，但可觀察是否可以減少風力。在風未阻擋時，風速為4m/s，一層阻擋減為2.5m/s，二層阻擋減為1.5m/s，三層為0.8m/s，四層就為0.1m/s，表示南洋杉作為防風設施是有效的。

(二) 使用四層南洋杉防風林模型，搭配長方形的模型及目字形模型，觀察期風穿過防風林模型後，模組內風向的變化(表12)。逆風的風速都為0(微弱)，無法測得)。

(三) 我們發現不管是在長方形還是目字形模型上，都能看出無風或逆風的範圍增加很多。風速變化：阻擋牆上方5cm處風速2.5m/s，到80cm處風速1.5m/s，風速明顯減弱，因為南洋杉防風林模型的阻擋位置較高，其實對模型整體來說就是增加了擋風的高度，因為增加了防風的效益。



照片11 南洋杉防風林模型

表12. 南洋杉搭配長方形及目字型牆面模型(寬25cm x高20cm x長80cm)後方風向紀錄表

插入	位置 高度	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
無 插 入	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	→	→	→	→	→	→	→
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	→	→	→	→	→	→	→
	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖
	4	0	0	0	0	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖
25 cm 、 50 cm 處	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	→	0	→	→	→	→	→
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	→	→	→
	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	↖	↖	↖	↖	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	↖	↖	↖	↖	0	↖	↖	↖	↖	0	0	0	0	↖	↖	↖

說明：1.箭頭方向表示風向，紅色字體代表逆向風，0表示沒風或微風無法觀測風向。
2.風向是以4支竹籤的主要方向為主，與實際會有些許不同。
3.藍色底為插入擋風牆處

七、校園菜宅擋風設施模型評估與改善

(一)實際去丈量學校菜宅(照片12、照片13)，圖2是校園菜宅平面圖，南洋杉的方向是北方。

(二)從圍網牆的模型測量風向的實驗中，可以得知，校園菜宅的圍網類似目字型菜宅能有效減少風速，達到防風的效果。但是南洋杉只有一排，且從照片中能得知排列並不密集，因此效果可能會不佳。

(三)改善建議：南洋杉可以再多種植多排一點，能有效減少菜宅高空的風速。但因為南洋杉的下方樹葉較少，且並無擋風牆設置，導致北方的種植區並無太多防風效果，建議在此也設立一道擋風牆。



照片9 實際丈量菜宅大小



照片10 校園菜宅的俯瞰圖

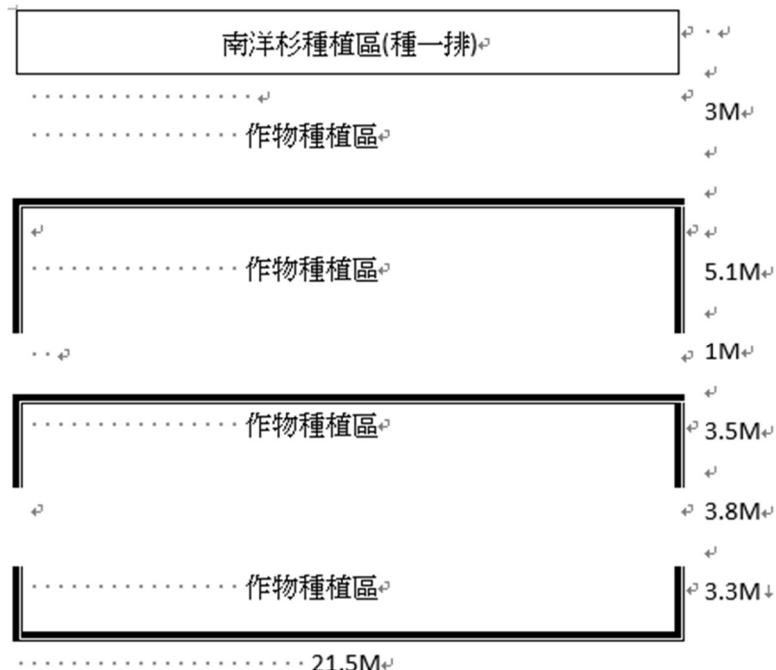


圖2 校園菜宅平面圖

註：黑粗線為圍網牆的位置，圍網高1.7M。

伍、結論

- 一、從實驗中發現，當風遇到阻擋牆後，並不是繞過阻擋牆到牆壁後面繼續前行，而是順著阻擋牆的上方前行後，在牆後的遠方匯流成整面的順向風，並在阻擋牆後方與匯流的順風區間形成無風區及逆風區。且牆面越高，無風區及逆風區的範圍越大。
- 二、不管是單牆型、匱字型、長方形和匱字型的擋風牆，都會有擋風的效果，擋風效果：匱字型>長方形>匱字型>單牆型。
- 三、從實驗中發現，南洋杉的防風林模型及圍網製成的擋風模型，雖然是透氣材質，但亦能有效達到減少風速的效果，且能讓逆向風不出現。且以實際效益來說，圍網的擋風牆比一般的擋風牆更容易製作，也較經濟實惠，是值得推薦的防風方式。
- 四、在擋風牆實驗中，倒捲的逆向風是經常出現的，這些逆向風的成因是否都一樣，且是否對植物會造成危害，都是需要再進一步驗證。
- 五、在實際的菜宅造型以長方形為主，參照實驗證實防風效果不錯，至於為何實踐較少使用匱字型菜宅，需要花費較多成本，且分割農地，對農地使用也較不方便，但現在可以在長方形菜宅中使用圍網新增擋風牆，更能快速且有效的達到匱字型擋風牆的效果。。

陸、檢討與未來研究方向

- 一、因為本實驗主角-風，是很容易受到細微因素影響的，而本實驗的模型及觀察工具製作都相當簡單粗糙，這些都對實驗精準度有很大影響。
- 二、本實驗的風洞使用方式似乎不大對，造成出風口跟遠處的風速落差甚大，應該在一個管狀空間中進行實驗會比較可行。
- 三、未來可以持續研究不同的菜宅的阻擋風的設計，從造型、材質(比如蘆葦)，甚至從牆面上的形狀設計都是可行的方式。

柒、參考文獻資料

- 一、全中平(2020)。科展設計與實作。國立台灣科學教育館。
- 二、梅期光(2011)。認識科展的第一本書。書泉出版社。
- 三、康軒文教事業(2024)。奇妙的空氣。載於康軒文教事業，國小自然科學第一冊(頁72-95)。康軒文教事業。

【評語】080506

研究主題與生活相關，藉由不同設計來瞭解防風效果。不過，就報告內的檢討也提到，此研究之模型粗糙，實驗方法(風洞)有疑慮，相關之結論有待商榷。另外，尺度問題也需要於未來多加考慮。

作品海報

風風遐故~

校園菜宅描風模型開設研究

摘要

先民為了保護心愛的農作物，不被冬季強勁且挾帶海水飛沫的東北季風所迫害，「菜宅」這樣的建築因應而生。而究竟怎樣的菜宅樣式與尺寸，有著最佳的擋風效果？風被菜宅的阻擋後，風向又是如何的變化？

透過製作風向觀測工具、菜宅模型，我們測量看不見的空氣並透過討論繪製模型。當風遭遇牆面阻擋後會改變風的流動方向，在阻擋牆後方形成無風區及逆風區，並在離阻擋牆較遠的地方重新匯流。阻擋牆的高度越高，無風區及逆風區的區域就會較大。

據本實驗結果，各種菜宅擋風效果為：目字型>長方形>匱字型>單牆型。而學校菜園的用圍網及南洋杉的防風設施，雖然是透氣材質，但亦能有效達成防風效果。

壹、前言

一、研究動機

本縣地勢低平，每年到冬天，就會吹起強勁的東北季風，強烈的風勢會將海上的浪花飛沫帶到陸地上，這種俗稱「鹹水煙」的海水飛沫，對於陸地上的植物生存是極大挑戰。老祖先們為了能夠在這樣的環境下種植作物，就地取材，利用玄武岩、珊瑚礁或灘岩，搭建「菜宅」防風和鹹水煙。

食農教育是我們學校課程的一部分，校園裡有一塊很大的農地供師生耕作，因此防風的工程非常的重要，但我們學校並無使用傳統的珊瑚礁岩或石頭搭建圍牆，而是使用圍網和南洋杉防風林的設置來防風。因此我們想知道菜宅究竟如何防風？我們想透過實驗與動手做來進行研究，先了解風吹到菜宅後的流動方式，去了解如何有效的設計菜宅，並評估使用圍網與防風林的設置是否有防風的效果，並改善學校的菜園防風設置。

二、研究目的

- (一)動手製作風向觀測工具與菜宅模型。
- (二)在室內進行模擬實驗，推測風吹過菜宅的流動方式。
- (三)觀察學校菜園的防風設施，評估成效與改善計畫。

三、文獻回顧

- (一)雖然空氣透明無色，平常以肉眼無法觀察，但利用風速計、風向計，就可以測量風的強弱與風向。
- (二)風洞可以用來進行空氣力學的相關研究，能產生穩定的風源。

貳、研究設備及器材

表1、研究設備及器材表

設備或器材名稱	數量	用途	備註
風洞	1 座	提供穩定的風力與風向	使用成品
風向觀測工具	1 組	戶外實驗測風向	自製
風速計	1 個	測量風速	
塑膠瓦楞板及硬紙板		製作菜宅模型	
圍網		製作菜宅模型	
刷子		模擬南洋杉防風林設置	
工業電扇	1 支	提供風源	

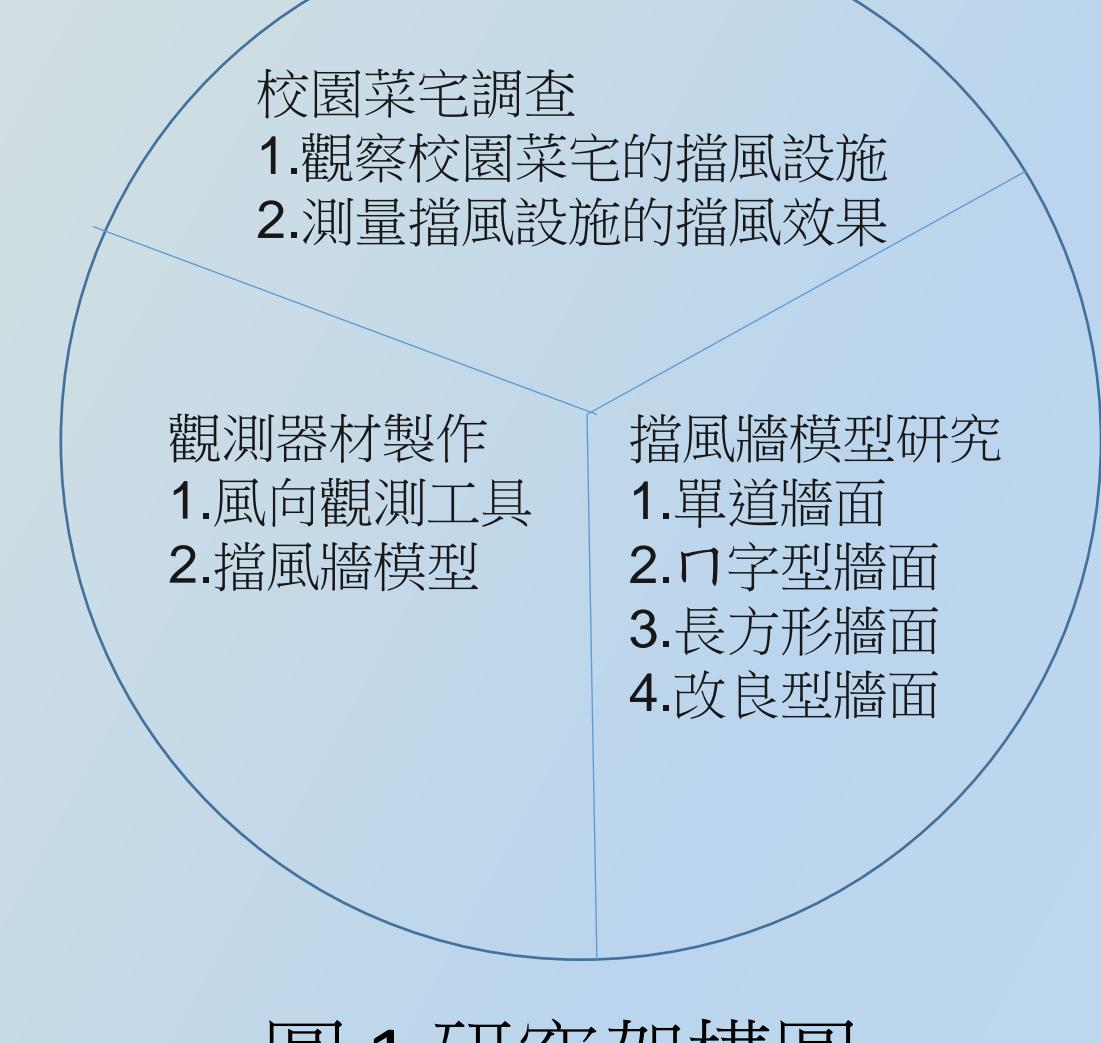


圖 1.研究架構圖

註：本報告所有照片、圖表皆為自行拍攝、繪製。

參、研究過程或方法

一、觀察風吹過單道牆面模型的變化。

(一)因受限於風洞出口為40公分方形，，所以擋風牆模型寬度一律為25cm寬。且風向觀測工具高度為20cm高，並考量到無法精良數據觀察，因此將擋風牆模型高度為20cm高及10cm高兩種規格作觀察比較。

(二)以竹籤及細棉繩製作立體風向觀測工具。用來觀察風吹過單道牆面的變化，分析牆面背風處的風向變化。

二、觀察風吹過「匱」字型牆面模型的變化。

(一)製作，25cm(寬)x20cm(高) x 30cm(縱深)、25cmx10cmx30cm及 25cmx20cmx80cm、25cmx10cmx80cm之「匱」字型牆面模型。

(二)對25cmx20cmx30cm、25cmx10cmx30cm的這組測量風吹過牆面模型的風向變化。

(三)對25cmx20cmx100cm、25cmx10cmx80cm的這組測量風吹過牆面模型的風向變化。並做觀察、記錄並分析。

三、觀察風吹過長方形菜宅模型的變化。

(一)製作，25cm(寬) x20cm(高) x80cm(縱深)之長方形菜宅模型。

(二)測量風吹過長方形菜宅模型的風向變化。並做觀察、記錄並分析

四、觀察風吹過改良型菜宅模型的變化。

(一)針對25cm x20cm x80cm之長方形菜宅模型改良，為傾斜背風牆面角度及目字型的兩種改良模型。

(二)測量風吹過改良過的長方形菜宅模型的風向變化。並做觀察、記錄並分析

五、觀察校園擋風設施做防風模型的變化(圍網牆模型)

(一)對一層到多層圍網牆模型做使用風速計，觀察風力減少狀況。

(二)製作，圍網牆模型(一面，匱字型、長方形及目字型)

(三)測量風吹過圍網牆模型模型的風力變化，觀察、記錄並分析。

六、觀察校園擋風設施做防風模型的變化(南洋杉防風林模型)

(一) 對一層到多層南洋杉防風林模型做使用風速計，觀察風力減少狀況。

(二) 將南洋杉防風林模型組合到長方形菜宅模型中

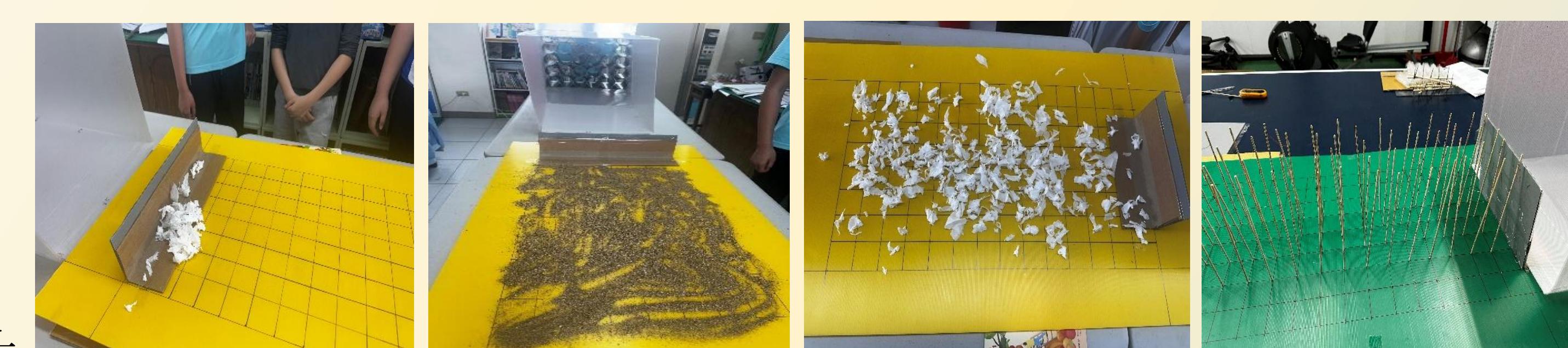
(三) 測量風吹過圍網牆模型模型的風向變化，觀察、記錄並分析。

肆、研究結果與討論

一、觀察風吹過單道牆面模型的變化

(一) 製作風向觀測工具：

- 在塑膠瓦楞紙上以5公分見方刻畫格子，方便判讀距離(照片1)。
- 為了觀察風遇到牆阻擋後風向的變化，一開始使用砂土，但沙土太重，風是不夠強，無法吹動，所以無法使用。(照片2)
- 之後評估周邊方便取得又容易被吹動的物品，我們使用了衛生紙碎屑，被吹動效果是滿顯著的(照片3)
- 衛生紙碎屑只能觀察最底下的風動情況，因此選擇使用竹籤，每4公分黏上細綿線，即在4公分、8公分、12公分、16公分、20公分高，並插入畫有5公分方格的塑膠瓦楞紙上，用細綿線觀察風向，做成立體風向觀察工具(照片4)。此工具雖然會減少模型內的風速，但無礙於觀測風向的變化。



照片1.刻劃距離格子 照片2.使用砂土觀察 照片3.使用衛生紙觀察 照片4.立體風向觀察工具

(二) 第一次實驗：

在牆後鋪滿衛生紙碎屑，觀察衛生紙碎屑的流動方向，發現碎屑不是預期的順著風向飛走，而是一股風往回吹往牆壁，造成碎屑除了離牆很遠的直接飛遠外，靠近牆面的會回流至牆壁後方(表2)。這跟我們預期風往前帶走碎屑，沒被吹動的就會留在原地，但沒想到會有回流，一開始還以為是因為在教室實驗，空間小造成的風遇到教室牆面回流導致。後來跑去空間寬大的教室在實驗時，還是發生如此狀況，確定風經過牆壁後，牆後的風不會平平的往前吹而已，是會慢慢降至的面，甚至會有回流的狀況發生。

表 2. 使用衛生紙碎屑觀察單牆面模型後方風向紀錄

尺寸	寬 25 * 高 20(cm)	寬 25 * 高 10(cm)
碎屑位置	牆後5cm至30cm處	牆後0cm到15cm處

(三) 第二次實驗：

- 使用立體風向觀測工具，觀察風向的立體變化。
- 靠近單牆面正後方，基本上是屬於無風或弱風，但底部會形成一股逆向的風。在遠離牆面的一段距離後，就會有順向風出現(表3)。
- 推測是風吹過單片牆後，會從牆上方繼續前進，之後再往地面下降後，繼續前行。而逆向的風，我們推測可能是牆後的氣壓較小，導致風有回流現象。

表 3. 不同單牆面模型後方風向紀錄表

尺寸	位置	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
寬 25 x 高 20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
寬 25 x 高 20	20	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	16	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	12	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	8	←	←	←	←	←	←	←	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	4	←	←	←	←	←	←	←	→	→	→	→	→	→	→	→	→

說明：1.箭頭方向表示風向，紅色字體代表逆向風，0表示沒風或微風無法觀測風向。

二、觀察風吹過「匱」字型牆面模型的變化

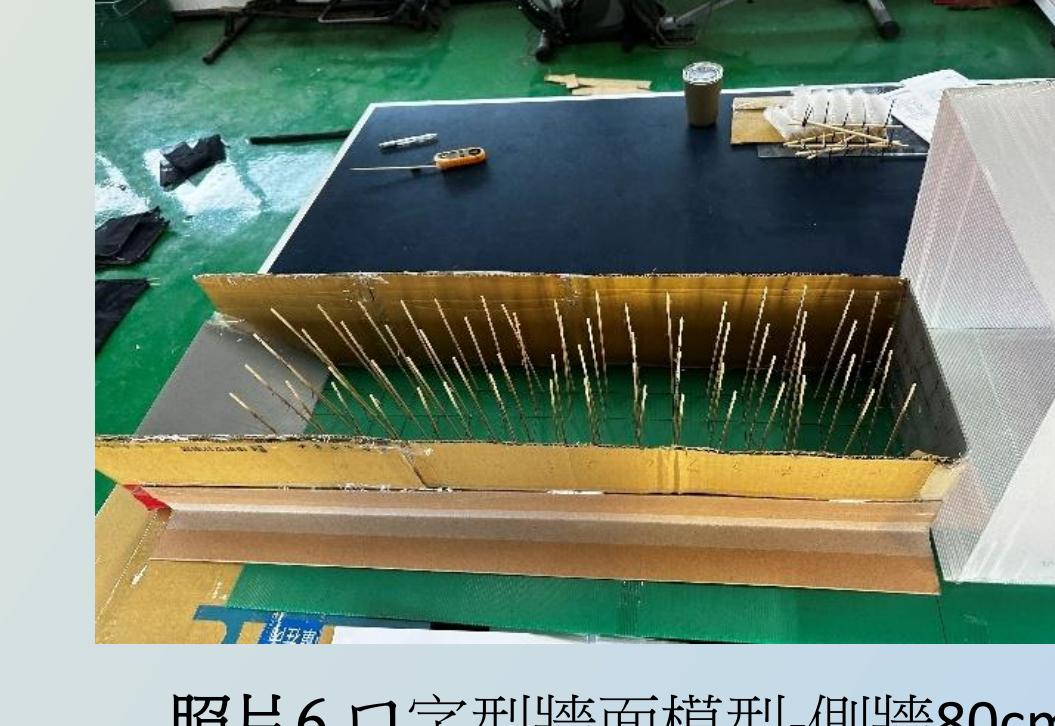
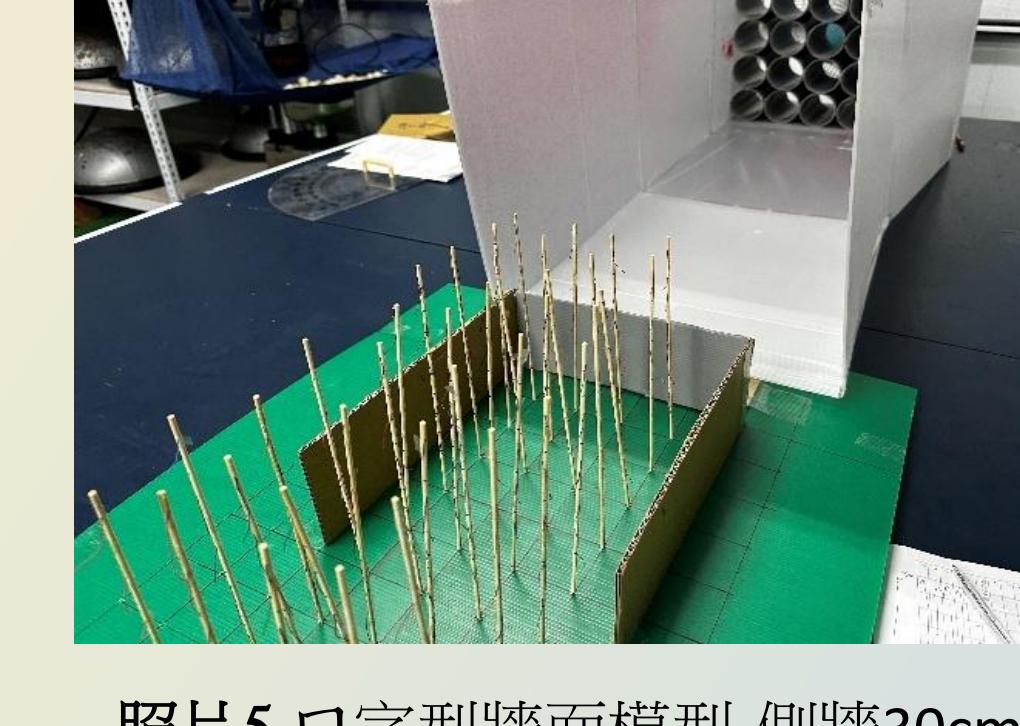
- 製作匱字型牆面側面30公分長(照片5)，及側面80公分長(照片6)的兩種模型進行研究，兩種皆用牆高10公分及20公分的類型，並與單一牆面進行比較。
- 在相同側面長度(30公分)的匱字型牆面實驗，不管是10公分高的還是20公分高的模型可以發現逆向風的出現與順向風出現的點在側面30公分之後才發生。不過20公分高的模型可以發現牆後無風的區域比較多，防風效果較好(表4)
- 在相同側面長度(80公分)的匱字型牆面實驗，不管是10公分高的還是20公分高的模型順向風出現的點差異不大，但20公分高的模型的逆風出現位置則離擋風牆較遠的地方。不過20公分高的模型可以發現牆後無風的區域比較多，防風效果較好(表5)

- 匱字牆模型與單面牆模型相比，雖然差異看起來不大，但匱字型順風的出現位置整體來說比單面牆後面些，防風效果三面牆較佳。

表 4.匱字型牆面模型(側牆長度30公分)後方風向紀錄表

尺寸	位置	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
寬 25 x 高 20	20	0	0	0	0	0	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	16	0	0	0	0	0	←	0	0	→	→	→	→	→	→	→	→
	12	0	0	0	0	0	←	←	0	0	→	→	→	→	→	→	→
	8	0	0	0	0	0	←	←	←	0	0	→	→	→	→	→	→
	4	0	0	0	0	0	←	←	←	←	0	→	→	→	→	→	→
寬 25 x 高 20	20	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	16	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	12	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

說明：1.箭頭方向表示風向，紅色字體代表逆向風，0表示沒風或微風無法觀測風向。



照片5.匱字型牆面模型-側牆30cm

照片6.匱字型牆面模型-側牆80cm

表 5.匱字型牆面模型(側牆長度80公分)後方風向紀錄表

尺寸	位置	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
寬 25 x 高 20	20	0	0	0	0	0	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	16	0	0	0	0	0	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
寬 25 x 高 20	20	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	16	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	12	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

說明：1.箭頭方向表示風向，紅色字體代表逆向風，0表示沒風或微風無法觀測風向。

三、觀察風吹過長方形菜宅模型的變化

- 比較長方形菜宅模型(照片7)、匱字型牆面和單一牆面，發現相同大小的長方形菜宅，能產生最大的無風、逆風區域(表6)。
- 但長方形模型的逆風與匱字型跟單一牆面的不同，是從後面阻擋牆後延伸出來的，可以推測是牆後的順向風遇到後面阻擋牆後所產生的。雖然這種逆風測得風速比匱字型及單面牆的逆風弱些，但因成因是可控制的，所以想改良成沒有這種逆風，得到更好的防風效果。

表 6.牆高

五、改良長方形模型-目字形模型。

(一)觀察長方形的模型，發現順風大概出現在牆後30公分，因此我們如果從牆後25公分處加入一個阻擋牆，並加入一組除了

25公分處，50公分處也加入一個擋風牆，觀察這兩個模型的風向變化。(照片8，表7)

(二)與長方形模型相比，插入25公分處阻擋牆的似乎與其差異不大，但反彈的回捲逆風有比較減弱一些。插入兩個阻擋牆的效果則好了不少，但其實阻擋牆都還是會產生許多回捲的逆風，不過這似乎是目前最佳的防風牆的模型了。



照片8. 目字型菜宅模型



照片9. 圍網目字型菜宅模型

表 7.目字型牆面模型(寬25cm x高20cm x長80cm)後方風向紀錄表

插入高度	位置	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
長方形	20	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	16	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	12	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	8	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	4	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
cm處	20	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	16	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	12	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	8	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	4	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
cm處	20	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	16	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	12	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	8	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	4	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o

說明：1.箭頭方向表示風向，紅色字體代表逆向風，o表示沒風或微風無法觀測風向。

2.黑色底為插入擋風牆處

六、校園菜宅擋風設施模型設計與測量-圍網牆。

(一)由於圍網是有洞的透氣材質，因此先測量其阻擋風的效果如何，在沒遮擋前風速為4m/s，使用一層圍網後，在牆後測得風速為2.7m/s，直接緊密再疊一層，則為2.2m/s，這說明圍網有效阻風功效。

(二)使用圍網製作，單一牆模型、口字型模型、長方形模型及目字型模型，觀察風遇到圍網牆後的風向變化。(照片9、表8、表9)

(三)觀察所有圍網模型的風向變化，我們發現由於圍網的透氣現象，導致都沒有發現有逆風的現象。

(四)在單一牆面型時，雖然整體都是順向風，但不只阻擋牆後方的風力減弱，到了最後方的風力也沒有怎麼增強。而在口字型的模型上，甚至到45公分處，風速變成了0，表示口字型的模型效果極佳。

(五)在長方形的模型上，跟口字型效果差不多，而且也不會造成反彈的回捲逆風。再插入中間的一層圍網後，發現插入的圍網後方的風速也變為了0，那一開始疊兩張的測試是因為緊密而造成效果變差，應該給予一定的空間達到減風的效果。因此把中間的圍網移到5公分處，果然牆後的風速也變為0。這表示圍網的防風效果是很有用的。

表 8.圍網單牆面型及口字型牆面模型(寬25 x高20 x長80)風向紀錄表

種類	位置	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
單牆面	20	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	16	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	12	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	8	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	4	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
口字型牆面	20	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	16	→	→	→	→	→	→	→	→	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	→	→	→	→	→	→	→	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	→	→	→	→	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	→	→	→	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

說明：1.箭頭方向表示風向，紅色字體代表逆向風，o表示沒風或微風無法觀測風向。

表 9.圍網長方形及目字型牆面模型(寬25 x高20 x長80)風向紀錄表

插入高度	位置	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
長方形	20	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	16	→	→	→	→	→	→	→	→	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	→	→	→	→	→	→	→	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	→	→	→	→	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	→	→	→	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
cm處	20	→	→	→	→	0	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	16	→	→	→	→	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	→	→	→	→	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	→	→	→	→	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	→	→	→	→	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
cm處	20	o	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	16	o	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	o	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	o	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	o	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

說明：1.箭頭方向表示風向，紅色字體代表逆向風，o表示沒風或微風無法觀測風向。

2.黑色底為插入擋風牆處

表 10.南洋杉搭配長方形及目字型牆面模型(寬25cm x高20cm x長80cm)後方風向紀錄表

<tbl_struct