

# 中華民國第 64 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國小組 物理科

(鄉土)教材獎

080119

好宅—菜宅擋風模型研究

學校名稱：澎湖縣西嶼鄉大池國民小學

作者：	指導老師：
小六 許翊暘	歐志酊
小五 蔡滄凡	陳志明
小五 陳霓津	
小六 陳滄琳	
小六 李昱澄	
小六 顏均峯	

關鍵詞：菜宅、擋風模型

## 好宅—菜宅擋風模型研究



照片出處：自攝(2024)

# 好宅—菜宅擋風模型研究

## 摘要

「菜宅」是澎湖人因應冬季強勁且挾帶海水飛沫的東北季風，建來防風種植的設施，而菜宅有不同樣式與尺寸，哪個擋風效果更好？風吹到菜宅又會怎麼變化？

透過製作風向計、風向觀測架、風洞、菜宅模型與研究台，我們測量看不見的空氣。利用塑膠瓦楞板和水管製作壓縮比 1.4 倍、開口 40cm x 40cm 的風洞，能讓工業電扇吹出風速 3.9m/s~4.2m/s 的相對穩定風源。

牆面改變氣流，在不同支流交互作用下能在牆後產生逆向風和風無區，較高、較寬的牆面效果愈明顯，另外，具延伸牆的冂字型和長方形菜宅，能阻擋側風吹入，也能阻擋側面支流進入菜宅，而改變迎風牆後的無風區和逆風區範圍。

據本實驗，在逆風區最遠處搭建第二道牆面(長方形菜宅)，能產生最大無風範圍，增加種植面積。

## 壹、前言

### 一、研究動機

澎湖雖以海立縣，主要靠漁業和觀光為生，但仍有許多居民，在家附近闢幾畝田，種些作物，除能品嚐鮮嫩無毒的蔬果和穀物，也能與親友禮尚往來。然澎湖每年都有數月，吹拂強勁的東北季風，靠海較近的地方，甚至還有俗稱「鹹水煙」的海水飛沫，對作物生存是極大挑戰，老祖先就地取材，利用玄武岩、珊瑚礁或灘岩，搭建「菜宅」防風和鹹水煙，菜宅究竟如何防風？我們想透過實驗與動手做來進行研究，了解風吹過菜宅的流動方式，作為日後進一步研究菜宅搭建的基礎。

### 二、研究目的

- (一) 觀察、紀錄戶外的風吹過菜宅的變化(圖 1)。
- (二) 動手製作風向計、風洞、風向觀測架與菜宅模型。
- (三) 在室內進行模擬實驗，推測風吹過菜宅的流動方式。

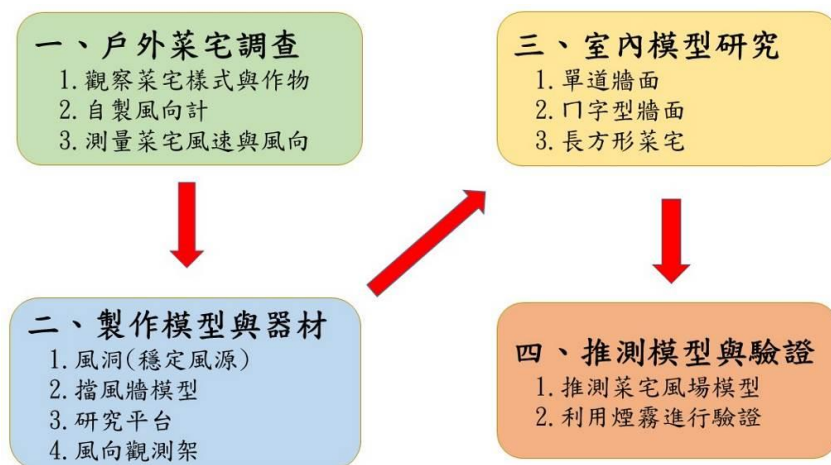


圖 1.研究架構圖

圖片出處：自繪(2024)

### 三、文獻回顧重點

- (一) 澎湖菜宅又稱「宅仔牆」、「宅內」，是一種遮蔽與擋風的石牆，用以保護田裡的作物。
- (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，主要分成整流段、壓縮段、實驗段三個部分。
- (三) 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。

### 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	自製
風向計	2 支	戶外實驗測風向	自製
風向觀測器	1 座	同時觀測不同位置的風向	自製
風速計	2 個	測量風速	
塑膠瓦楞板	20 片	製作風洞與菜宅模型	
硬紙板	10 片	製作測試用風洞	
工業電扇	1 支	提供風源	
熱熔槍	1 支	接合自製器材用	
熱熔膠條	1 包	接合自製器材用	
80mm 塑膠水管	10 支	製作風洞整流段用	
煙餅	數片	製造煙霧以便觀察氣流	
發煙器	1 台	製造較大量的非粉塵性煙霧	

### 參、研究過程或方法

一、觀察、紀錄戶外的風吹過菜宅的變化。

- (一) 自製風向計。
- (二) 選小門社區二口菜宅，一口長方形，另一口單道式防風牆(照片 1~2)，進行研究。
- (三) 在菜宅內依前中後、左中右、低中高，分設 27 個測量點(圖 2)。
- (四) 同步測量菜宅內、外的風力和風向，完成所有測量點的數據。
- (五) 取 10 秒內風力最大值，記錄並進行比較與分析。



圖 2.菜宅位置示意圖

圖片出處：自繪(2024)





照片 1.強勁東北風挾帶海水飛沫(紅圈處)

照片出處：自攝(2024)



照片 2.選定戶外菜宅進行研究

照片出處：自攝(2024)

## 二、製作風洞。

- (一) 利用硬紙板製作風洞，以九宮格分別測試風洞的風力強度與穩定度。
- (二) 利用塑膠瓦楞板製作風洞，以九宮格分別測試風洞的風力強度與穩定度。

## 三、觀察風吹過單道牆面模型的變化。

- (一) 裁切 30cm(寬) x 20cm(高)、20cm x 20cm、10cm x 20cm、20cm x 30cm、20cm x 10cm、25cm x 10cm 六種不同規格的塑膠瓦楞板(高要多留 6 公分作為插槽)。
- (二) 以塑膠管和塑膠繩製作風向觀測器。
- (三) 利用風速計與風向觀測器，測量風吹過單道牆面的變化，分析各牆面不同水平與、垂直位置的風速與風向變化。

## 四、觀察風吹過「冂」字型牆面模型的變化。

- (一) 製作，25cm(寬)x10cm(縱深)x10cm(高)之「冂」字型牆面模型。
- (二) 測量風吹過牆面模型的風向與風力變化。
- (三) 觀察、記錄並分析數據。
- (四) 調整牆面的寬、縱深、高度，重覆進行測試與分析。

## 五、觀察風吹過長方形菜宅模型的變化。

- (一) 製作，25cm(寬)x25cm(縱深)x10cm(高)之長方形菜宅模型。
- (二) 測量風吹過長方形菜宅模型的風向與風力變化。
- (三) 觀察、記錄並分析數據。
- (四) 增加長方形菜宅模型的縱深至 50cm，重覆進行測試與分析。

## 六、嘗試利用煙霧驗證模型。

- (一) 利用煙餅和發煙器進行單牆面擋風實驗。
- (二) 以慢動作攝影觀察煙霧的移動情形。
- (三) 比較使用煙餅和發煙器進行實驗的優缺點。

## 肆、研究結果與討論

### 一、觀察、紀錄戶外的風吹過菜宅的變化。

- (一) 自製風向計：利用學校現在器材，以塑膠瓦楞板製作底板、泡棉為底座，插入塑膠管；另外以竹籤一端黏著約 10 公分長之緞帶紙，一端插入塑膠管內，受風後可轉動，配合底板方向與指北針，就能判別風向(照片 3~6)。
- (二) 靠近長方形菜宅(迎風長邊 20.5m、高 1.1m；側面短邊長 16.9m、高 0.6m)的迎風牆的低處，風力最小，遠離迎風牆或是高度上升，風力較強。(表 2)
- (三) 在長方形菜宅 G(左後)、H(中後)二處的低點，觀察到南風，推測是風撞牆後回彈，形成的「倒捲風」，但是同在牆邊的 I 點(右後)，卻仍是東北風且強勁。
- (四) 長方形菜宅靠左側的 A、D、G 點，風力比起右側的 C、F、I 點小，推測是左側有天然的土丘，也有擋風的效果。
- (五) 單一道的擋風牆(長 7.1m、高 1.3m)，因為風向(東北風)偏左側，所以靠左側的 A、D、G 點風力較右側大。(表 3)
- (六) 單道擋風牆的中後(H 點)、右後(I 點)，亦出現「倒捲風」，而左後(G 點)，持續吹東北風，因此跟 A、D 點相比，風力變小，但未像 H、I 點出現倒捲。
- (七) 戶外地形複雜，風力也不穩定，影響變因較多，所以要進行室內實驗。

表 2.1 長方形菜宅的風力(m/s)與風向

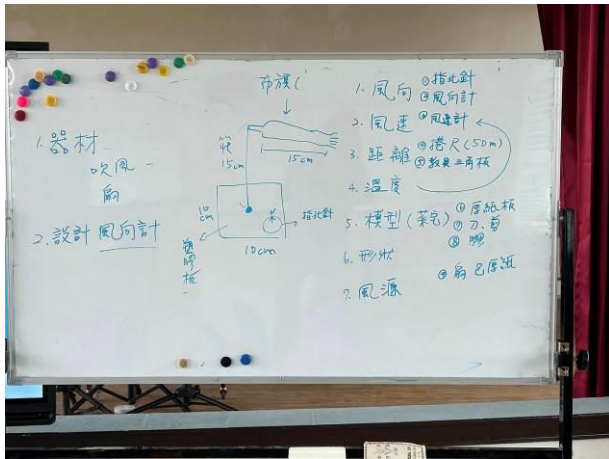
菜宅外風力：7.3 m/s 菜宅外風向：NE(東北)									
高度	A 左前	B 中前	C 右前	D 左中	E 中中	F 右中	G 左後	H 中後	I 右後
低	0	0	0	0	1.3 NW	2.2 NE	1.9 SE	3.6 SW	4.2 NE
中	0.9 NE	0	1.0 NW	1.0 NE	2.3 NE	3.8 NE	3.3 NW	3.7 NE	5.7 NE
高	1.9 NE	1.2 NE	1.7 NE	3.3 NE	5.2 NE	6.6 NE	4.5 NE	5.0 NE	6.5 NE

說明：低點—貼近地板；中點—約在菜宅迎風牆高一半處；高點：與迎風牆高點切齊

表 2.2 單一牆面菜宅的風力與風向

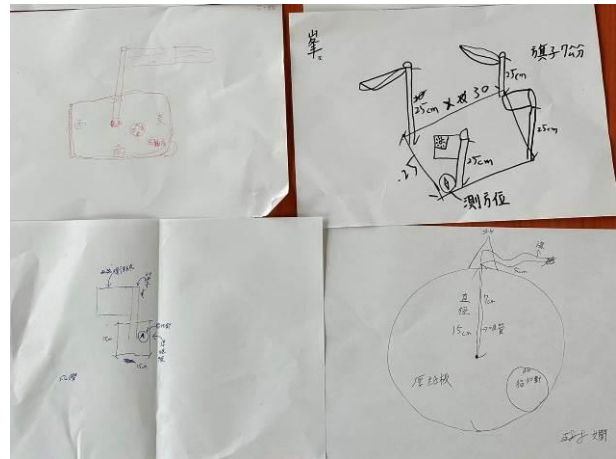
菜宅外風力：9.0 m/s 菜宅外風向：NE(東北)									
高度	A 左前	B 中前	C 右前	D 左中	E 中中	F 右中	G 左後	H 中後	I 右後
低	4.3 N	0.9 NE	0.6 NE	5.4 NE	4.2 N	4.3 N	4.3 NE	2.3 SE	2.0 SE
中	6.9 N	1.3 NE	1.0 NE	6.3 NE	5.5 N	4.9 N	5.9 NE	3.0 SE	3.0 SE
高	8.1 N	1.8 NE	1.3 NE	6.9 NE	6.2 N	5.9 N	6.0 NE	7.3 NE	7.5 NE

說明：低點—貼近地板；中點—約在菜宅迎風牆高一半處；高點：與迎風牆高點切齊



照片 3.進行實驗前的討論

照片出處：自攝(2024)



照片 4.繪製風向計設計圖

照片出處：自攝(2024)



照片 5.製作風向計

照片出處：自攝(2024)



照片 6.進行風向計實測

照片出處：自攝(2024)

## 二、製作風洞

- (一) 用硬紙板製作風洞，一般電扇原本風力最強處 4.7m/s，但正中心風小、中心附近風大，邊緣幾乎無風(表 3)，極不均勻，經硬紙板風洞(整流段 30cm x 30cm、壓縮段 20cm x 20cm，壓縮比 1.5 倍)整流、壓縮後，吹出 3.7~3.8m/s 均勻的風(表 3、照片 7)，但因為硬紙板較軟，實驗段開口過小(20cm x 20cm)不敷實驗使用，而且放置一天後，發生變形問題(照片 8)，故改採塑膠瓦楞板當材料。
- (二) 使用工業電扇當風源，利用塑膠瓦楞板製作風洞，並在整流段加入水管(照片 9~10)，從整流段(64cm\*64cm)壓縮至實驗段(50cm\*50cm)，壓縮比(整流段/實驗段)約 1.28 倍，測得出口風力 2.7m/s~4.2 m/s，邊緣風力小且風速差距大。
- (三) 因工業用電扇直徑約 60cm，調整整流段至 56cm\*56cm，實驗段 40cm\*40cm，壓縮比(整流段/實驗段)約 1.4 倍，能將工業電扇最強處 7.1m/s 但不均勻風力，轉成 3.9m/s~4.2m/s 風力，雖中心風力仍稍強於二側(表 4)，但已接近不少，實驗段開口也足夠大進行菜宅模型實驗。
- (四) 使用熱熔膠黏著整流段水管，相較白膠、強力膠有更快速、更好的效果，不過因為膠量不足，實驗期間發生坍塌事件，後來增加黏著膠的厚度，便較為堅固。



表 3.一般風扇以硬紙板風洞壓縮前後之風力比較表

裝置	未使用風洞			使用風洞 (壓縮比 1.5 倍)		
	左上	中上	右上	左上	中上	右上
風力(m/s)	2.5	4.5	2.5	3.7	3.8	3.7
裝置	未使用風洞			使用風洞 (壓縮比 1.5 倍)		
	左中	中	右中	左中	中	右中
風力(m/s)	4.7	3.0	4.7	3.7	3.8	3.8
裝置	未使用風洞			使用風洞 (壓縮比 1.5 倍)		
	左下	中下	右下	左下	中下	右下
風力(m/s)	2.4	4.5	2.3	3.7	3.8	3.7



照片 7.硬紙板風洞能將風力均勻化

照片出處：自攝(2024)



照片 8.放置一天後的硬紙板風洞

照片出處：自攝(2024)

表 4.工業風扇以塑膠板風洞壓縮前後之風力比較表

裝置	未使用風洞			使用風洞 (壓縮比 1.28 倍)			使用風洞 (壓縮比 1.4 倍)		
	左上	中上	右上	左上	中上	右上	左上	中上	右上
風力(m/s)	5.7	6.6	5.8	3.3	4.2	3.4	4.0	4.2	4.0
裝置	未使用風洞			使用風洞 (壓縮比 1.28 倍)			使用風洞 (壓縮比 1.4 倍)		
	左中	中	右中	左中	中	右中	左中	中	右中
風力(m/s)	7.1	2.1	6.7	3.0	4.0	3.7	4.0	4.2	4.1
裝置	未使用風洞			使用風洞 (壓縮比 1.28 倍)			使用風洞 (壓縮比 1.4 倍)		
	左下	中下	右下	左下	中下	右下	左下	中下	右下
風力(m/s)	5.5	6.1	5.0	2.8	3.9	2.7	3.8	4.2	3.9



照片 9.動手製作風洞

照片出處：自攝(2024)



照片 10.瓦楞板風洞完成囉

照片出處：自攝(2024)



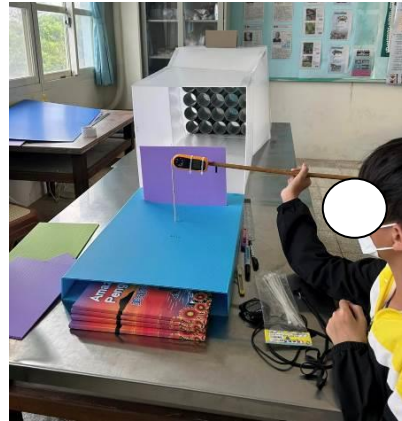
三、觀察風吹過單道牆面模型的變化。

(一) 製作研究平台，在風洞出口處進行測試，將牆面以「插槽」的方式固定，並以長棍固定風速計，以減少手部(面積較大)受風，影響實驗結果。(照片 11~12)



照片 11.研究平台與模型

照片出處：自攝(2024)



照片 12.以長棍固定風速計並以竹籤刻度標高

照片出處：自攝(2024)

(二) 第一次實驗，在牆後中心線(B：緊貼、E：牆後 10 公分、H：牆後 20 公分)，分別取低(貼地)、中(10 公分高)、高(20 公分高)，共 9 個測量點，測量牆後風力變化，原預期愈靠牆(B 點)、愈低點的風力較弱，但有多個牆面都發生低點風力比高點風力更強的現象，且不同牆面的模式也不一致。(表 5)

表 5.不同單牆面模型後方風力(m/s)測試紀錄

尺寸	寬 30 *高 20(cm)			寬 20 *高 20(cm)			寬 10 *高 20(cm)			寬 20 *高 30(cm)			寬 20 *高 10(cm)		
	前	中	後	前	中	後	前	中	後	前	中	後	前	中	後
低	0	1.6	2.0	0.9	1.6	1.9	1.4	1.8	1.6	0.9	1.5	1.8	1.0	1.8	1.4
中	0	1.2	1.5	0	1.2	1.6	1.2	1.6	1.2	0	1.2	1.7	0.8	1.7	0.7
高	0	1.3	1.6	0	1.0	1.4	1.5	2.0	2.7	0	0.8	1.3	4.5	4.5	4.4

(三) 製作風向觀測架(照片 13)，置於牆面後方，發現在某些位置，產生反向的風，推測可能是風洞出口距離教室後方櫃子太近，於是搬移至較大的室內進行測試(照片 14)，發現反方向的風多發生在牆面後方約 10~60 公分處，再更遠離，就不會有反方向的風，可知反方向的風並非主要由後方反彈回來。



照片 13.風向觀測架(快速看到牆後逆向風範圍)

照片出處：自攝(2024)



照片 14.移動到較大的教室實驗

照片出處：自攝(2024)

- (四) 再次進行實驗，在牆面後的中心、往左移 10 公分、往左移 20 公分這三條線，每往後遠離 10 公分，進行低(貼地)、中(10 公分高)、高(20 公分高)點測量並記錄風力和風向變化，並在中心線 35 公分高處測試風速做為對照。
- (五) 在單牆面正後方，會形成一股逆向的風，靠近牆附近風力較小，隨著遠離牆面，依序觀察到逆風漸強、到達高峰後再減弱、靜止、轉成正向風，再往後則是正向風會逐漸變強(表 6、圖 3)。我們推測是風吹過單片牆後，一股往上流動的分支，撞到上方的風後再往下彈，最後再撞到兩旁支流而形成逆向的風，另一股往上流動的分支在牆的上緣附近下沉往後流動，而各點的風力強弱與風向，則是會受各支流的風交互作用而定。但總體而言，外面均速 4.0 m/s 以上的風，經過擋風牆都能明顯減弱。
- (六) 較高與較寬的牆面，都會讓逆向風和弱風的區域更大。(表 7)
- (七) 前方的風撞擊牆面後，亦會形成向二側流動的支流，此支流會和直接吹過來的風碰撞，一股往牆面中間吹動，部分往外擴散，而使外側中段的風力變弱，因此即使超出單片牆面的範圍，風力也會減弱，此現象在較高、較寬的牆面亦較明顯。
- (八) 根據前述討論，推測單片牆面擋風模型如圖 4。

表 6.單一牆面(寬 30cm、高 20cm)的風向與風速紀錄表

位置	中央偏左 20 cm			中央偏左 10 cm			正中央			外面
高度(cm) 距離(cm)	0	10	20	0	10	20	0	10	20	35cm
0	3.1	3.6	3.9	0	0	0	0	0	0	4.2
10	1.0	1.0	1.3	-1.0	-0.7	-0.8	-1.5	-0.9	-0.9	4.2
20	1.0	1.2	1.2	-1.7	-1.5	-1.1	-1.9	-1.4	-1.6	4.2
30	0.9	1.3	1.3	-2.0	-1.6	-1.7	-2.0	-1.9	-1.8	4.2
40	0	0	±0.5	-1.0	-1.3	-1.4	-1.5	-1.5	-1.9	4.1
50	0	0.8	1.2	-0.5~0	-0.5~0	0.1	-0.9	-0.8	0	4.2
60	1.1	1.4	1.7	0	0	0.1	-0.1	0	1.0	4.1
70	1.1	1.5	1.9	0.7	1.0	1.3	0	0.9	1.3	4.1
80	1.2	1.9	2.0	0.8	1.3	1.5	0	1.2	1.9	4.1
90	1.3	1.9	2.0	1.0	1.6	1.8	0.8	1.1	2.0	4.0
100	1.4	1.7	2.1	1.4	1.8	2.0	1.0	1.4	2.0	4.0

說明：

1. 負號(-)風力，代表該點測得逆風。
2. 測得風力為 0，不代表完全無風，只是風力太小，扇葉會動但不會轉。
3. 正負(±)符號，代表該點時而吹正向風，時而吹逆向風。

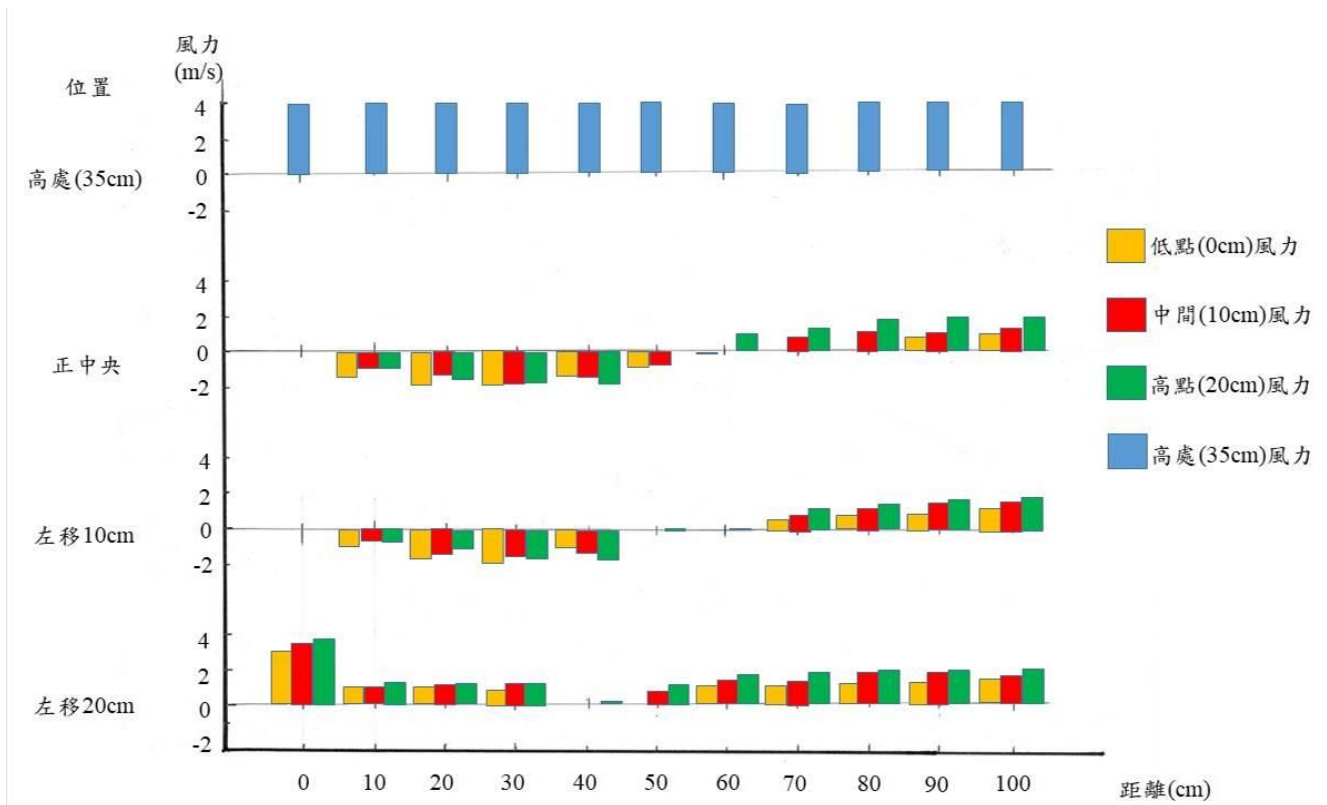


圖 3.單片牆面(寬 30cm、高 20cm)後方的風力變化圖

圖片出處：自繪(2024)

表 7.不同單牆面模型後方正中央區域風力(m/s)紀錄表

尺寸 (cm)	寬 30 * 高 20			寬 20 * 高 20			寬 10 * 高 20			寬 20 * 高 30			寬 20 * 高 10		
	0 cm	10 cm	20 cm	0 cm	10 cm	20 cm	0 cm	10 cm	20 cm	0 cm	10 cm	20 cm	0 cm	10 cm	20 cm
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.7	0	4.3
10	-1.5	-0.9	-0.9	-1.3	-1.1	-0.8	-1.6	-1.7	-1.0	-1.0	0	0	-1.9	-1.5	4.2
20	-1.9	-1.4	-1.6	-1.9	-1.7	-1.4	-2.1	-1.7	-1.3	-1.5	-1.2	-0.8	-2.1	-1.6	4.2
30	-2.0	-1.9	-1.8	-1.6	-1.5	-1.3	-1.5	-1.1	0.7	-1.7	-1.4	-1.3	-0.9	±0.7	4.2
40	-1.5	-1.5	-1.9	-1.4	-0.8	-0.8	1.0	1.6	2.0	-1.9	-1.7	-1.5	1.0	1.6	4.2
50	-0.9	-0.8	0	-1.1	0	0	2.0	2.4	3.0	-1.8	-1.4	-1.2	1.8	2.4	4.2
60	-0.1	0	1.0	±0.8	1.2	1.1	2.2	2.8	3.3	-1.0	-0.8	0	2.3	2.6	4.1
70	0	0.9	1.3	1.3	2.0	2.2	2.6	3.0	3.6	0.8	1.0	1.5	2.4	2.8	4.1
80	0	1.2	1.9	1.8	2.1	2.3	2.8	3.2	3.7	1.1	2.0	2.3	2.6	3.2	4.1
90	0.8	1.1	2.0	2.1	2.5	2.7	2.8	3.5	3.9	1.5	2.1	2.4	2.7	3.4	4.0
100	1.0	1.4	2.0	2.1	2.4	2.6	2.8	3.5	3.9	1.8	2.1	2.4	2.7	3.4	4.0

說明：

1.標註紅色字體代表逆向風和弱風的區域(逆風~2.0m/s 順風以下)。



2.因受限版面與篇幅，僅列出牆面正中央區域風力比較表，完整數據列於附錄。

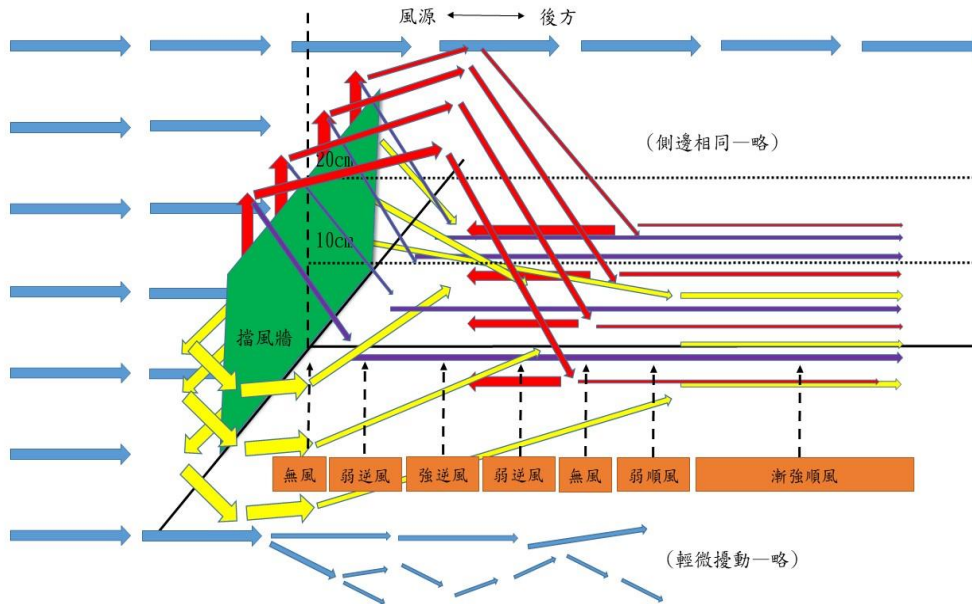


圖 4.觀察與歸納不同單牆面實驗結果推測的風力模型圖

圖片出處：自繪(2024)

#### 四、觀察風吹過「冂」字型牆面模型的變化。

- (一) 製作多個冂字型牆面(照片 15)模型進行研究，並與 25cm(寬) x 10cm(高)之單一牆面進行比較。
- (二) 在相同高度(10cm)的冂字型牆面實驗，較寬或較高的迎風牆面，都能產生較大範圍的逆風區與弱風區，與單牆面實驗得到的結果相同，可見較高、較寬的牆面皆能造成較明顯的擾動，使原本的氣流(風)改變。(表 8)
- (三) 冂字型牆面的縱向延伸面較短時(10cm、25cm)，在菜宅內產生的逆風、無風區，並沒有明顯變大，但若是延伸面拉長到 50cm(單牆面 25cm x 10cm 產生的逆風區約到 40cm 處)，就能產生較大範圍的無風區域—減少「倒捲風」(表 9)，推測是因為二側的順向氣流被延伸面導引到較後方處，減低上方氣流的反彈效果。
- (四) 在較低的區域與菜宅內側邊(偏移 10cm)處，測得較強的逆風，而水平高度 10cm 處，反而較無風(風速計會動，但風力沒強到會轉)，推測可能是逆風和部分順風互相抵消的關係。(圖 5)



照片 15. 冂字型牆面模型

照片出處：自攝(2024)

表 8. 不同冂字型牆面模型後方正中央區域風力(m/s)紀錄表

迎風牆面尺寸：寬 25cm x 高 10cm									
尺寸 (cm)	冂字型牆面 寬 25*高 10*側邊長 10			冂字型牆面(較窄) 寬 15*高 10*側邊長 10			冂字型牆面(較高) 寬 25*高 15*側邊長 10		
高度 位置	0 cm	10 cm	20 cm	0 cm	10 cm	20 cm	0 cm	10 cm	20 cm
0	0	0	4.3	0	0	4.4	0	0	4.2
10	-1.3	-1.3	4.3	-1.4	-1.3	4.2	-1.2	-1.2	4.4
20	-1.7	-1.2	3.9	-1.3	-1.0	4.0	-1.7	-1.6	3.1
30	0	0	2.8	1.2	1.4	3.8	-1.1	-0.9	2.2
40	1.2	2.0	2.8	2.3	2.4	3.6	0	0	2.5
50	1.8	2.0	3.0	2.8	3.0	3.6	0	1.4	2.5
60	2.2	2.5	3.3	3.0	3.2	3.4	1.3	2.1	2.8
70	2.4	2.8	3.4	3.1	3.4	3.5	1.6	2.2	2.9
80	2.5	2.9	3.4	3.1	3.4	3.6	1.8	2.4	3.2
90	2.6	2.8	3.5	3.0	3.5	3.6	1.9	2.5	3.3
100	2.6	2.8	3.3	3.0	3.5	3.5	2.0	2.7	3.3

表 9. 不同冂字型牆面與單一牆面模型後方正中央區域風力(m/s)紀錄表

迎風牆面尺寸：寬 25cm x 高 10cm												
側邊 (cm)	單一牆面 (無側邊)			冂字型牆面 10 cm			冂字型牆面 25 cm			冂字型牆面 50 cm		
高度 位置	0 cm	10 cm	20 cm	0 cm	10 cm	20 cm	0 cm	10 cm	20 cm	0 cm	10 cm	20 cm
0	0	0	4.1	0	0	4.3	0	0	4.3	0	0	4.3
10	-1.7	-1.3	4.1	-1.3	-1.3	4.3	-1.4	-0.9	4.1	0	0	4.3
20	-1.8	-1.5	4.1	-1.7	-1.2	3.9	-1.9	-1.4	4.4	-0.8	0	4.0
30	-1.1	-0.7	4.1	0	0	2.8	-1.8	-1.1	4.4	-1.0	0	3.9
40	0	0.9	3.9	1.2	2.0	2.8	0	0.8	3.8	0.5	0	3.9
50	1.5	2.0	4.0	1.8	2.0	3.0	1.2	1.6	4.0	1.6	2.2	3.9
60	2.0	2.2	3.9	2.2	2.5	3.3	1.4	2.0	4.0	2.0	2.8	3.9
70	2.2	2.6	3.5	2.4	2.8	3.4	1.9	2.4	3.9	2.1	2.9	3.8
80	2.3	2.9	3.7	2.5	2.9	3.4	2.0	2.4	3.9	2.2	3.1	3.9
90	2.6	3.0	3.7	2.6	2.8	3.5	2.2	2.6	3.9	2.3	3.2	3.9
100	2.6	3.0	3.5	2.6	2.8	3.3	2.2	2.7	3.8	2.5	3.1	3.9

說明：標註紅色字體代表逆向風和弱風的區域(逆風~2.0m/s 順風以下)。

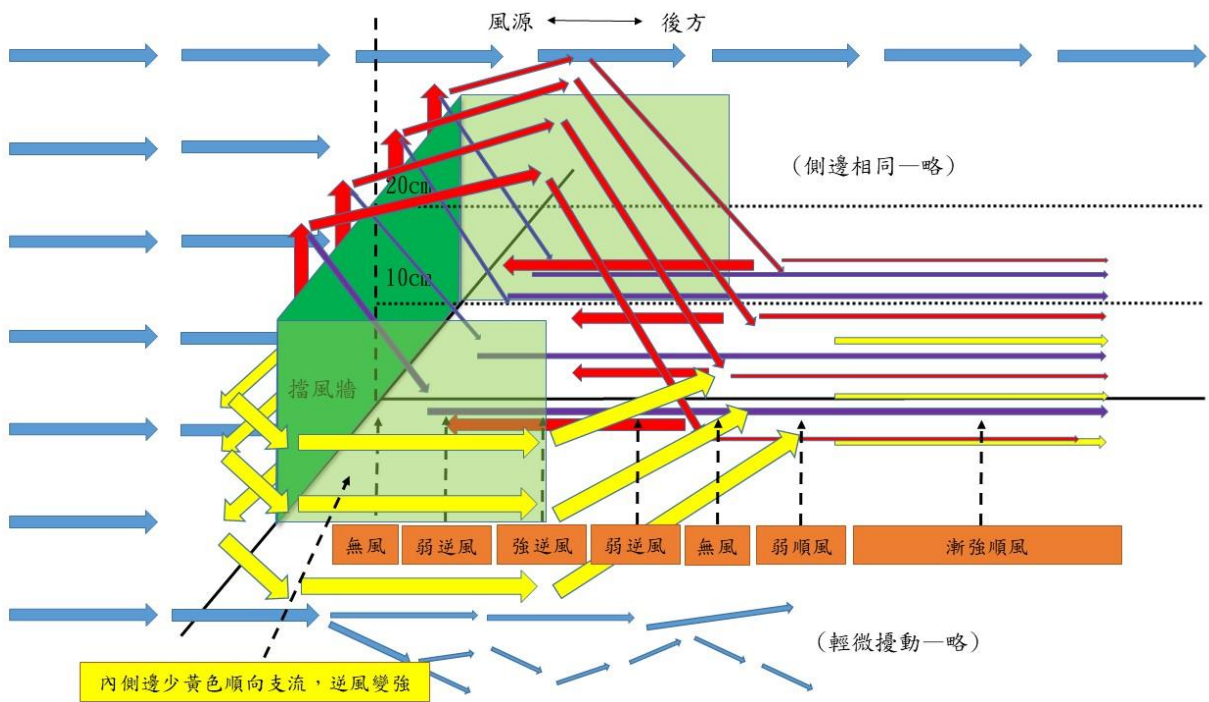
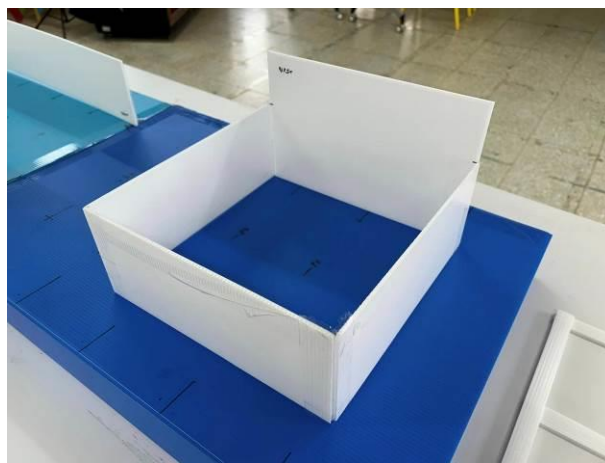


圖 5.觀察與歸納不同門字型牆面實驗結果推測的風力模型圖

圖片出處：自繪(2024)

#### 五、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 16)、門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 10)。
- (二) 三種模型的菜宅內側邊(偏移 10cm)和中間低處，逆風都較水平高度 10cm 處強，推測是與較高處的順風支流互相抵消。
- (三) 長方形菜宅後方區(菜宅外)風力較小，推測是因為平行迎風牆的後方牆面，形成另一道屏障，因此更能增加擋風效果。(圖 6)
- (四) 長方形菜宅外側的風力較強，推測是因為氣流方向未改變，要等吹過菜宅後分散，才會再稍弱。



照片 16.長方形菜宅模型(凸起處為插槽)

照片出處：自攝(2024)



表 10.不同類型牆面模型後方正中央區域風力(m/s)紀錄表

迎風牆面尺寸：寬 25cm x 高 10cm															
模型類別	單一牆面			冂字型 (側邊長 25cm)			冂字型 (側邊長 50cm)			長方形 (側邊長 25cm)			長方形 (側邊長 50cm)		
高度位置	0 cm	10 cm	20 cm	0 cm	10 cm	20 cm	0 cm	10 cm	20 cm	0 cm	10 cm	20 cm	0 cm	10 cm	20 cm
0	0	0	4.1	0	0	4.3	0	0	4.3	0	0	4.3	0	0	4.0
10	-1.7	-1.3	4.1	-1.4	-0.9	4.1	0	0	4.3	-1.2	0	4.4	0	0	4.0
20	-1.8	-1.5	4.1	-1.9	-1.4	4.4	-0.8	0	4.0	-1.4	-0.8	4.3	-0.5	0	3.4
30	-1.1	-0.7	4.1	-1.8	-1.1	4.4	-1.0	0	3.9	-0.5	0	3.8	-1.0	0	3.5
40	0	0.9	3.9	0	0.8	3.8	0.5	0	3.9	0	0.9	3.8	-1.0	0	3.8
50	1.5	2.0	4.0	1.2	1.6	4.0	1.6	2.2	3.9	0.8	1.7	3.7	-0.5	0.7	3.1
60	2.0	2.2	3.9	1.4	2.0	4.0	2.0	2.8	3.9	1.3	2.0	3.6	0	1.3	3.1
70	2.2	2.6	3.5	1.9	2.4	3.9	2.1	2.9	3.8	1.7	2.2	3.7	1.0	2.2	3.3
80	2.3	2.9	3.7	2.0	2.4	3.9	2.2	3.1	3.9	2.0	2.5	3.6	1.6	2.5	3.5
90	2.6	3.0	3.7	2.2	2.6	3.9	2.3	3.2	3.9	2.1	2.8	3.7	1.8	2.6	3.6
100	2.6	3.0	3.5	2.2	2.7	3.8	2.5	3.1	3.9	2.3	2.8	3.8	2.1	2.6	3.7

說明：標註紅色字體代表逆向風和弱風的區域(逆風~2.0m/s 順風以下)。

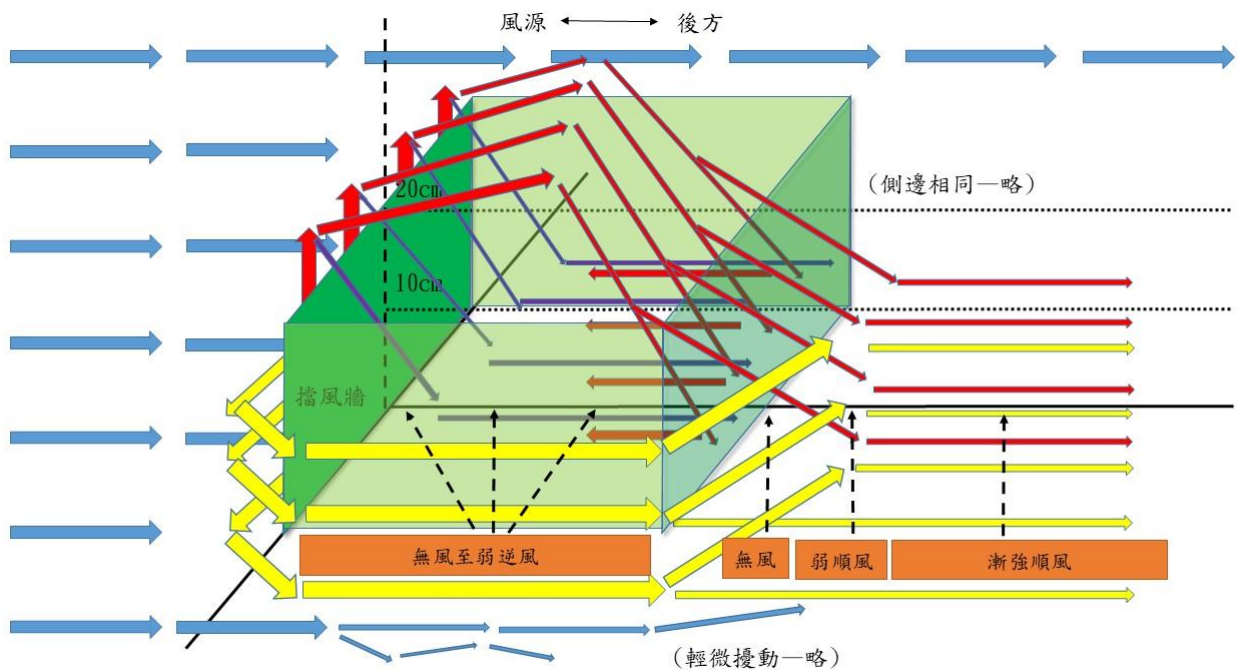


圖 6.觀察與歸納長方形菜宅模型實驗結果推測的風力模型圖

圖片出處：自繪(2024)

## 六、嘗試利用煙霧驗證模型。

- (一) 煙餅常被用來製作舞台效果，使用打火機點燃後，即會產生煙霧(照片 17-18)。
- (二) 使用煙餅進行實驗，產生的煙霧量，仍不足以在攝影機下看清楚煙霧移動的情形，且煙餅屬於粉塵性煙霧，吸入後會咳嗽，為了安全與健康，改採發煙器進行實驗。(發煙器是跟消防隊商借的，屬於液態加熱性煙霧，但因消防宣導業務繁重，僅能出借幾小時)
- (三) 使用發煙器(照片 20)在半室外場域(學校二樓川堂)進行實驗，從慢動作影片中，從側面拍攝，能看見上方倒捲的氣流(照片 21)，從上方也能看見兩側內彎的氣流(照片 22)。
- (四) 受限於攝影技術與發煙器使用時間，我們的驗證活動只能做到這裡，而發煙器和煙餅都屬於「加熱後產生的煙」，會往上飄而與一般常溫的空氣移動方式略有不同，都是未來需要克服的問題。



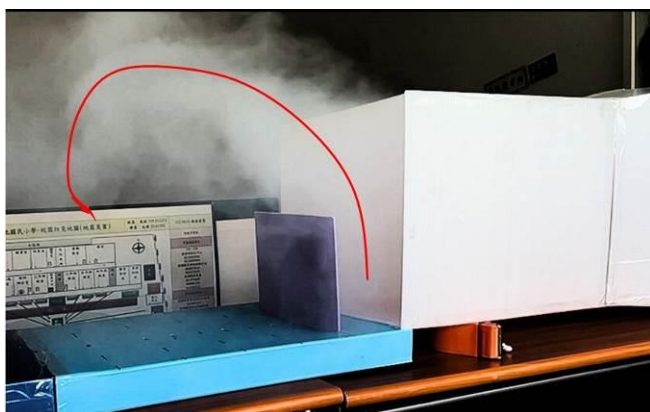
照片 17.網路購買的煙餅  
照片出處：自攝(2024)



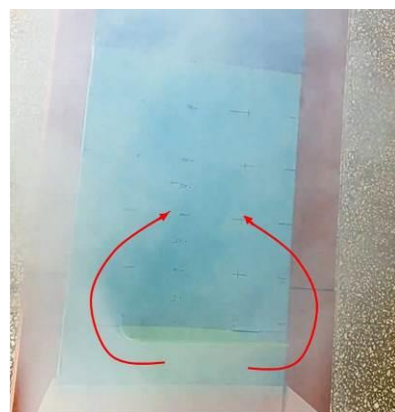
照片 18.煙餅發煙的情形  
照片出處：自攝(2024)



照片 19.發煙器(需通電預熱)  
照片出處：自攝(2024)



照片 20.從側面拍到上方倒卷的煙  
照片出處：自攝(2024)



照片 21.從上方拍到往中間偏折的煙  
照片出處：自攝(2024)

## 伍、結論

- 一、澎湖有許多農夫搭建防風菜宅，因為土地劃分方式，常見菜宅多為長方形，也有門字型和單一牆面，擋風牆面多與季風風向垂直(或接近垂直)，這些牆面能阻擋直

接吹來的強勁季風，並造成擾動，使風產生分流與擾動而減弱，保護作物。

- 二、在戶外觀察單一牆面與長方形牆面，發現部分區域會有逆向的「倒捲風」，而單一牆面的側邊，因為當日風向略有偏斜(未與迎風牆垂直)，而有較強的風力。
- 三、利用較堅固的材質(塑膠瓦楞板)，加上整流塑膠管，若能讓整流段與實驗段的壓縮比提高，就能產生較強且均勻的穩定風力，本實驗配合風扇尺寸與實驗需求，採用 1.4 倍壓縮比的塑膠瓦楞板風洞。
- 四、在單一牆面實驗，風撞擊牆面後，分成數個不同的支流，包含越過牆面上方與往二側，這些支流會再與外圍(未撞擊到牆面)的氣流撞擊而改變方向，因而在牆面後方形成一段較弱風(包含無風、逆風、順風)的區域，隨著離牆較遠後，氣流會再度整合，轉化成順風並再度變強。
- 五、門字型和長方型菜宅模型，都能阻擋側面的氣流進入菜宅內，愈長的側牆效果愈明顯，但側牆外風力較單一牆面強。而長方型菜宅因為有二面垂直於風源的牆面，所以能形成更大的弱風及無風區域(包含菜宅外)。
- 六、利用煙餅和發煙器進行實驗，可以透過觀察煙霧，幫助我們看見氣流。
- 七、依目前的研究結果，較高、較寬的迎風牆面，能有較明顯的阻風效果，若在靠近菜宅能產生逆風區最遠處搭建第二道牆，建成長方形菜宅，會有較好的擋風效果，提高適合種植的區域。

#### 陸、檢討與未來研究方向

- 一、因為本實驗有較多的動手做，且因看不見空氣，所以研究過程遇到許多問題，透過團隊思考、討論，逐一找出解決的方法，並提出解釋，但也花費較多時間，僅能做出初步的菜宅擋風模型。
- 二、因為器材與研究需求受限，僅能做出 1.4 倍壓縮比的風洞，風力強度稍嫌不足，邊緣風力也比中間稍弱，不夠均勻。
- 三、煙餅和發煙器雖生煙原理不同，但都屬於「熱煙」，與常溫空氣流動略有差異，另外針對高速攝影和環境布置，以讓煙霧實驗效果更好的部分，也要再加強。
- 四、未來可以持續研究不同的菜宅角度、不同牆面高度差(指同一菜宅，四片牆面高度不同)、牆面孔隙大小、牆面上緣形狀(平整、鋸齒、波浪)、菜宅內部阻風構造……等，設法利用最少的材料和人力，搭建最能擋風的菜宅。

#### 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(2022)。奇妙的空氣。載於康軒文教事業，國小自然科學第二冊(頁 75-95)。康軒文教事業。
- 四、莊龍翔、周子言、林季妃(2019)。蓋世魔球—瓶蓋棒球初探。金門縣立金城國民中學。



附錄：不同牆面風力實驗的研究數據

1. 單片牆面風力紀錄(寬 30cm x 高 20 cm)

室內實驗風力表

模型種類：\_\_單片\_\_ 尺寸：寬\_\_30\_\_ 高\_\_20\_\_ 側邊長\_\_無\_\_

位置 高度(cm) 距離(cm)	向外 20cm			向外 10cm			中間點			牆外高處
	低 0	中 10	高 20	低 0	中 10	高 20	低 0	中 10	高 20	35cm 高
0	3.1	3.6	3.9	0	0	0	0	0	0	4.2
10	1.0	1.0	1.3	-1.0	-0.7	-0.8	-1.5	-0.9	-0.9	4.2
20	1.0	1.2	1.2	-1.7	-1.5	-1.1	-1.9	-1.4	-1.6	4.2
30	0.9	1.3	1.3	-2.0	-1.6	-1.7	-2.0	-1.9	-1.8	4.2
40	0	0	±0.5	-1.0	-1.3	-1.4	-1.5	-1.5	-1.9	4.1
50	0	0.8	1.2	-0.5~0	-0.5~0	0.1	-0.9	-0.8	0	4.2
60	1.1	1.4	1.7	0	0	0.1	-0.1	0	1.0	4.1
70	1.1	1.5	1.9	0.7	1.0	1.3	0	0.9	1.3	4.1
80	1.2	1.9	2.0	0.8	1.3	1.5	0	1.2	1.9	4.1
90	1.3	1.9	2.0	1.0	1.6	1.8	0.8	1.1	2.0	4.0
100	1.4	1.7	2.1	1.4	1.8	2.0	1.0	1.4	2.0	4.0

2. 單片牆面風力紀錄(寬 20 cm x 高 20 cm)

室內實驗風力表

模型種類：\_\_單片\_\_ 尺寸：寬\_\_20\_\_ 高\_\_20\_\_ 側邊長\_\_無\_\_

位置 高度(cm) 距離(cm)	向外 20cm			向外 10cm			中間點			牆外高處
	低 0	中 10	高 20	低 0	中 10	高 20	低 0	中 10	高 20	35cm 高
0	3.5	3.7	3.7	1.5	1.8	1.8	0	0	0	4.3
10	3.5	3.7	3.7	±0.8	0	0	-1.3	-1.1	-0.8	4.3
20	3.0	2.0	1.8	0~1	-0.8~0	-1.0~0	-1.9	-1.7	-1.4	4.2
30	1.4	2.2	1.0	0	-1.0	-1.3	-1.6	-1.5	-1.3	4.3
40	0.5	2.2	2.4	0.8	0	0.7	-1.4	-0.8	-0.8	4.2
50	1.1	2.5	3.1	0.7	0	1.5	-1.1	0	0	4.2
60	1.6	2.6	3.0	0.7	1.4	2.0	±0.8	1.2	1.1	4.1
70	1.4	2.4	3.0	1.3	1.8	2.5	1.3	2.0	2.2	4.1
80	1.5	2.1	2.8	1.7	2.1	2.8	1.8	2.1	2.3	4.1
90	1.5	2.1	2.9	1.9	2.2	2.8	2.1	2.5	2.7	4.1
100	1.8	2.0	2.7	2.2	2.4	3.0	2.1	2.4	2.6	4.1

3. 單片牆面風力紀錄(寬 10 cm x 高 20 cm)

室內實驗風力表

模型種類：\_\_單片\_\_ 尺寸：寬\_\_10\_\_ 高\_\_20\_\_ 側邊長\_\_無\_\_

位置	向外 20cm			向外 10cm			中間點			牆外高處
高度(cm) 距離(cm)	低 0	中 10	高 20	低 0	中 10	高 20	低 0	中 10	高 20	35cm 高
0	3.6	3.9	4.0	3.7	4.2	4.2	0	0	0	4.4
10	3.6	4.1	4.2	3.8	4.2	4.2	-1.6	-1.7	-1.0	4.7
20	3.4	3.9	4.0	3.4	3.3	3.3	-2.1	-1.7	-1.3	4.3
30	3.0	3.9	3.9	3.2	3.4	3.4	-1.5	-1.1	0.7	4.3
40	2.6	3.6	3.7	2.8	3.5	3.5	1.0	1.6	2.0	4.3
50	2.5	3.4	3.6	2.5	3.2	3.2	2.0	2.4	3.0	4.1
60	2.4	3.3	3.7	2.5	3.4	3.4	2.2	2.8	3.3	4.1
70	2.3	3.0	3.2	2.5	3.3	3.3	2.6	3.0	3.6	4.2
80	2.6	3.0	3.3	2.5	3.4	3.4	2.8	3.2	3.7	4.1
90	2.5	3.1	3.3	2.6	3.5	3.5	2.8	3.5	3.9	4.1
100	2.4	2.9	3.1	2.7	3.3	3.3	2.8	3.5	3.9	4.1

4. 單片牆面風力紀錄(寬 20 cm x 高 30 cm)

室內實驗風力表

模型種類：\_\_單片\_\_ 尺寸：寬\_\_20\_\_ 高\_\_30\_\_ 側邊長\_\_無\_\_

位置	向外 20cm			向外 10cm			中間點			牆外高處
高度(cm) 距離(cm)	低 0	中 10	高 20	低 0	中 10	高 20	低 0	中 10	高 20	35cm 高
0	3.7	4.1	4.1	2.8	3.5	4.0	0	0	0	4.0
10	3.9	3.4	4.0	0	-1.0	0	-1.0	0	0	1.0
20	2.1	±0.8	±0.8	-1.2	-1.4	-1.0	-1.5	-1.2	-0.8	0.6
30	±0.7	±0.8	±0.8	-1.4	-1.5	-1.5	-1.7	-1.4	-1.3	0
40	0	0	0	-1.7	-1.4	-1.1	-1.9	-1.7	-1.5	1.2
50	0~0.7	1.4	2.1	-1.5	-1.3	-0.7~0	-1.8	-1.4	-1.2	2.0
60	1.0	1.7	2.0	0~0.7	0	1.3	-1.0	-0.8	0	2.6
70	1.2	2.0	2.4	0.7	1.5	2.1	0.8	1.0	1.5	2.8
80	1.6	2.2	2.2	1.1	1.6	2.6	1.1	2.0	2.3	2.7
90	1.6	2.1	2.2	1.4	1.8	2.4	1.5	2.1	2.4	2.6
100	1.8	2.3	2.7	1.7	1.9	2.3	1.8	2.1	2.4	2.7

5. 單片牆面風力紀錄(寬 20 cm x 高 10 cm)

室內實驗風力表

模型種類：\_\_單片\_\_ 尺寸：寬\_\_20\_\_ 高\_\_10\_\_ 側邊長\_\_無\_\_

位置 高度(cm) 距離(cm)	向外 20cm			向外 10cm			中間點			牆外高處
	低 0	中 10	高 20	低 0	中 10	高 20	低 0	中 10	高 20	35cm 高
0	3.3	3.9	4.0	2.2	3.6	4.3	-0.7	0	4.3	4.3
10	3.2	4.1	4.1	1.3	1.7	4.2	-1.9	-1.5	4.2	4.4
20	2.5	4.1	4.1	±0.7	2.1	4.2	-2.1	-1.6	4.2	4.3
30	1.4	3.8	4.1	1.0	2.6	4.1	-0.9	±0.7	4.2	4.3
40	1.7	3.8	4.1	1.1	3.2	4.1	1.0	1.6	4.2	4.2
50	1.8	3.7	4.1	1.4	3.3	4.0	1.8	2.4	4.2	4.2
60	1.6	3.6	4.1	1.9	3.4	3.9	2.3	2.6	4.1	4.2
70	1.9	3.7	4.0	2.0	3.6	3.9	2.4	2.8	4.1	4.1
80	2.0	3.6	3.9	2.2	3.8	3.9	2.6	3.2	4.1	4.1
90	2.1	3.3	3.9	2.5	3.8	3.8	2.7	3.4	4.0	4.1
100	2.4	3.3	3.9	2.6	3.4	3.7	2.7	3.4	4.0	4.0

6. 冂字型牆面風力紀錄(寬 25 cm x 高 10 cm x 側邊長 10 cm)

室內實驗風力表

模型種類：\_\_冂字型\_\_ 尺寸：寬\_\_25\_\_ 高\_\_10\_\_ 側邊長\_\_10\_\_

位置 高度(cm) 距離(cm)	向外 20cm			向外 10cm			中間點			牆外高處
	低 0	中 10	高 20	低 0	中 10	高 20	低 0	中 10	高 20	35cm 高
0	3.0	3.9	4.0	0	0	4.2	0	0	4.3	4.3
10	3.2	4.1	4.1	-0.8~0	-0.8~0	4.4	-1.3	-1.3	4.3	4.3
20	2.5	3.5	4.1	1.5	1.5	4.2	-1.7	-1.2	3.9	4.3
30	1.7	3.3	4.1	1.8	2.0	4.0	0	0	2.8	4.2
40	1.6	3.2	3.9	1.9	3.2	3.9	1.2	2.0	2.8	4.2
50	1.8	2.9	4.0	1.9	2.9	3.8	1.8	2.0	3.0	4.1
60	1.7	2.8	4.0	2.0	2.8	3.6	2.2	2.5	3.3	4.0
70	1.7	2.7	4.0	2.2	2.9	3.8	2.4	2.8	3.4	3.9
80	1.8	2.6	3.9	2.2	3.0	3.7	2.5	2.9	3.4	3.9
90	1.9	2.7	4.0	2.3	3.0	3.8	2.6	2.8	3.5	3.9
100	1.8	2.6	3.8	2.4	2.9	3.8	2.6	2.8	3.3	3.8



7. 冂字型牆面風力紀錄(寬 25 cm x 高 15 cm x 側邊長 10 cm)

室內實驗風力表

模型種類：\_\_冂字型\_\_ 尺寸：寬\_\_25\_\_ 高\_\_15\_\_ 側邊長\_\_10\_\_

位置	向外 20cm			向外 10cm			中間點			牆外高處
高度(cm) 距離(cm)	低 0	中 10	高 20	低 0	中 10	高 20	低 0	中 10	高 20	35cm 高
0	3.1	4.1	3.9	0	0	4.2	0	0	4.2	4.3
10	3.7	4.0	4.3	±1.0	0~0.9	4.2	-1.2	-1.2	4.4	4.2
20	2.6	3.0	4.2	±0.7	0~0.8	±0.9	-1.7	-1.6	3.1	4.2
30	1.5	3.3	4.0	0~0.9	1.7	3.2	-1.1	-0.9	2.2	4.1
40	1.7	3.3	3.9	0	2.0	2.9	0	0	2.5	4.0
50	1.6	2.9	3.7	1.0	2.5	3.4	0	1.4	2.5	3.8
60	1.7	2.7	3.6	1.4	2.7	3.5	1.3	2.1	2.8	3.8
70	1.7	2.5	3.5	1.7	2.8	3.3	1.6	2.2	2.9	3.7
80	1.8	2.8	3.6	2.0	2.7	3.4	1.8	2.4	3.2	3.6
90	1.8	2.4	3.3	2.0	2.5	3.2	1.9	2.5	3.3	3.4
100	1.6	2.2	2.9	2.1	2.5	3.3	2.0	2.7	3.3	3.4

8. 單牆面風力紀錄(寬 25 cm x 高 10 cm)

室內實驗風力表

模型種類：\_\_單牆面\_\_ 尺寸：寬\_\_25\_\_ 高\_\_10\_\_ 側邊長\_\_無\_\_

位置	向外 20cm			向外 10cm			中間點			牆外高處
高度(cm) 距離(cm)	低 0	中 10	高 20	低 0	中 10	高 20	低 0	中 10	高 20	35cm 高
0	3.4	4.0	3.9	0	0	4.1	0	0	4.1	4.4
10	3.2	3.2	4.1	-0.8~0	-0.8~0	4.3	-1.7	-1.3	4.1	4.3
20	2.0	3.3	4.1	-1.0	-1.3	4.2	-1.8	-1.5	4.1	4.3
30	1.6	3.1	4.1	0	1.5	4.1	-1.1	-0.7	4.1	4.3
40	1.9	3.4	4.1	1.2	2.0	4.1	0	0.9	3.9	4.3
50	2.0	3.6	4.1	1.9	2.4	4.1	1.5	2.0	4.0	4.2
60	2.0	3.5	4.1	2.0	3.2	4.0	2.0	2.2	3.9	4.2
70	2.1	3.4	4.1	2.0	3.1	3.9	2.2	2.6	3.5	4.2
80	2.2	3.3	4.0	2.2	3.1	4.0	2.3	2.9	3.7	4.1
90	2.2	3.2	4.1	2.3	3.2	3.9	2.6	3.0	3.7	4.1
100	2.2	3.1	4.0	2.4	3.1	3.9	2.6	3.0	3.5	4.0

9. 冂字型牆面風力紀錄(寬 25 cm x 高 10 cm x 側邊長 25 cm)

室內實驗風力表

模型種類：\_\_冂字型\_\_ 尺寸：寬\_\_25\_\_ 高\_\_10\_\_ 側邊長\_\_25\_\_

位置	向外 20cm			向外 10cm			中間點			牆外高處
高度(cm) 距離(cm)	低 0	中 10	高 20	低 0	中 10	高 20	低 0	中 10	高 20	35cm 高
0	3.1	4.0	4.0	0	0	4.2	0	0	4.3	4.4
10	3.4	3.8	4.1	±0.5	±0.5	4.4	-1.4	-0.9	4.1	4.4
20	2.5	3.0	4.1	-1.2~0	-0.5~0	3.9	-1.9	-1.4	4.4	4.3
30	1.6	3.2	4.0	0	0.8	4.1	-1.8	-1.1	4.4	4.3
40	1.4	3.1	3.9	0~0.7	2.4	4.0	0	0.8	3.8	4.3
50	1.6	3.3	4.4	1.4	2.9	4.0	1.2	1.6	4.0	4.2
60	1.6	3.1	4.1	1.4	2.9	3.8	1.4	2.0	4.0	4.3
70	1.6	3.3	3.9	1.7	2.7	3.8	1.9	2.4	3.9	4.2
80	1.7	3.3	3.8	1.8	2.9	3.8	2.0	2.4	3.9	4.1
90	1.8	3.3	3.7	2.0	2.7	3.6	2.2	2.6	3.9	4.1
100	1.9	3.2	3.7	1.9	2.6	3.5	2.2	2.7	3.8	4.0

10. 冂字型牆面風力紀錄(寬 25 cm x 高 10 cm x 側邊長 50 cm)

室內實驗風力表

模型種類：\_\_冂字型\_\_ 尺寸：寬\_\_25\_\_ 高\_\_10\_\_ 側邊長\_\_50\_\_

位置	向外 20cm			向外 10cm			中間點			牆外高處
高度(cm) 距離(cm)	低 0	中 10	高 20	低 0	中 10	高 20	低 0	中 10	高 20	35cm 高
0	3.3	4.1	4.0	0	0	4.1	0	0	4.3	4.3
10	3.4	3.8	4.0	-1.0	0	4.1	0	0	4.3	4.3
20	2.5	3.3	3.9	-1.1	-0.8	4.1	-0.8	0	4.0	4.3
30	2.2	3.3	3.9	-1.2	-0.9	3.6	-1.0	0	3.9	4.2
40	1.9	3.1	3.7	±0.5	0~0.8	3.4	0.5	0	3.9	4.2
50	1.9	3.0	3.6	0~0.5	1.2	3.3	1.6	2.2	3.9	4.2
60	1.7	2.8	3.7	1.0	2.2	3.4	2.0	2.8	3.9	4.2
70	1.6	2.7	3.7	1.6	2.5	3.6	2.1	2.9	3.8	4.1
80	1.5	2.4	3.6	1.8	2.7	3.6	2.2	3.1	3.9	4.1
90	1.6	2.4	3.3	1.9	2.8	3.6	2.3	3.2	3.9	4.2
100	1.8	2.6	3.3	2.1	2.7	3.5	2.5	3.1	3.9	4.1

11. 長方形菜宅模型風力紀錄(寬 25 cm x 高 10 cm x 側邊長 25 cm)

室內實驗風力表

模型種類：\_\_長方形\_\_ 尺寸：寬\_\_25\_\_ 高\_\_10\_\_ 側邊長\_\_25\_\_

位置	向外 20cm			向外 10cm			中間點			牆外高處
高度(cm) 距離(cm)	低 0	中 10	高 20	低 0	中 10	高 20	低 0	中 10	高 20	35cm 高
0	3.6	4.0	4.1	0	0	4.3	0	0	4.3	4.2
10	3.3	3.9	4.1	-1.1	0	4.3	-1.2	0	4.4	4.2
20	2.5	3.5	4.1	0	0	3.6	-1.4	-0.8	4.3	4.2
30	2.0	3.6	4.1	1.0	2.0	4.0	-0.5	0	3.8	4.2
40	1.8	3.2	3.9	1.8	2.7	3.7	0	0.9	3.8	4.2
50	1.7	3.0	3.8	1.8	2.8	4.0	0.8	1.7	3.7	4.2
60	1.7	3.1	3.8	1.9	2.9	4.0	1.3	2.0	3.6	4.2
70	1.7	3.2	3.8	2.1	3.2	3.9	1.7	2.2	3.7	4.2
80	1.8	3.2	3.7	2.1	3.2	3.8	2.0	2.5	3.6	4.1
90	1.7	3.4	3.7	2.3	3.2	3.8	2.1	2.8	3.7	4.1
100	1.7	3.4	3.8	2.4	3.3	3.8	2.3	2.8	3.8	4.1

12. 長方形菜宅模型風力紀錄(寬 25 cm x 高 10 cm x 側邊長 50 cm)

室內實驗風力表

模型種類：\_\_長方形\_\_ 尺寸：寬\_\_25\_\_ 高\_\_10\_\_ 側邊長\_\_50\_\_

位置	向外 20cm			向外 10cm			中間點			牆外高處
高度(cm) 距離(cm)	低 0	中 10	高 20	低 0	中 10	高 20	低 0	中 10	高 20	35cm 高
0	3.5	4.0	4.0	0	0	4.0	0	0	4.0	4.3
10	3.3	4.0	4.1	-1.0	-1.0	4.0	0	0	4.0	4.2
20	2.4	3.9	4.1	-1.4	-1.1	4.0	-0.5	0	3.4	4.2
30	2.3	3.7	4.0	-1.6	-1.0	4.0	-1.0	0	3.5	4.2
40	2.2	3.7	4.0	-1.3	-0.5~0	3.9	-1.0	0	3.8	4.2
50	2.1	3.6	3.8	0	-0.5~0	3.9	-0.5	0.7	3.1	4.2
60	1.8	3.5	3.8	0.5	0.9	3.7	0	1.3	3.1	4.1
70	1.7	3.3	3.7	1.4	2.0	3.7	1.0	2.2	3.3	4.2
80	1.7	3.4	3.6	1.8	2.5	3.7	1.6	2.5	3.5	4.1
90	1.8	3.5	3.7	2.2	2.7	3.8	1.8	2.6	3.6	4.1
100	1.9	3.6	3.7	2.4	2.8	3.8	2.1	2.6	3.7	4.0

## 【評語】 080119

菜宅擋風模型研究，是來瞭解澎湖人如何利用所謂的菜宅來阻擋強勁的風，保護農作物。

研究的發想基於生活周邊的問題，想進一步找出解決的方法而產生出來的，具有利用科學研究來解決問題的精神！

研究流程設計方法，一步步分析各種牆面模型風速的變化，自製研究器材，實屬可貴。

研究對於擋風牆面幾何上的分析提出了合理結論！本研究以生活中實例做科學的探討，除了風場的量測有深入的體驗外，也能一窺民間防風結構的奧秘。



## 作品簡報

好宅！

菜宅擋風模型研究



## 摘要

菜宅，是澎湖人因應冬季強勁且挾帶海水飛沫的東北季風，建來防風種植的設施，而菜宅有不同樣式與尺寸，哪個擋風效果更好？風吹到菜宅又會怎麼變化？

透過製作風向計、風向觀測架、風洞、菜宅模型與研究台，我們測量看不見的空氣。利用塑膠瓦楞板和水管製作壓縮比1.4倍、開口40cm x 40cm的風洞，能讓工業電扇吹出風速3.9m/s~4.2m/s的相對穩定風源。

牆面改變氣流，在不同支流交互作用下能在牆後產生逆向風和風無區，較高、較寬的牆面效果愈明顯，另外，具延伸牆的「冂」字型和長方形菜宅，能阻擋側風吹入，也能阻擋側面支流進入菜宅，而改變迎風牆後的無風區和逆風區範圍。

據本實驗，在逆風區最遠處搭建第二道牆面(長方形菜宅)，能產生最大無風範圍，增加種植面積。

## 壹、前言

### 一、研究動機

澎湖人雖不主以務農為生，但仍會闢幾畝田，種些有機、無毒的蔬果，送禮、自用兩相宜。然每年有數月吹拂強勁東北季風，靠海較近處，甚至還有俗稱「鹹水煙」的海水飛沫，對作物生存是極大挑戰，老祖先就地取材，利用玄武岩、珊瑚礁或灘岩，搭建「菜宅」防風，菜宅如何防風，風吹過菜宅又怎麼變化？我們想透過實驗與動手做，來了解風吹過菜宅後的流動方式，作為日後進一步研究菜宅搭建的基礎。

### 二、研究目的

- (一) 觀察、紀錄戶外的風吹過菜宅的變化(圖1)。
- (二) 動手製作風向計、風洞、風向觀測架與菜宅模型。
- (三) 在室內進行模擬實驗，推測風吹過菜宅的流動方式。

### 三、文獻回顧

- (一) 澎湖菜宅又稱「宅仔牆」、「宅內」，是一種遮蔽與擋風的石牆，用以保護田裡的作物。
- (二) 以風洞進行空氣力學研究，能產生相對穩定風源，可分成整流段、壓縮段、實驗段三部分。
- (三) 空氣透明無色，難以用肉眼直接觀察，但用風速計、風向計，就可以測量風的強弱與風向。

## 貳、研究設備及器材

表一、研究設備及器材表

設備或器材名稱	數量	用途
風洞	1座	提供穩定的風力與風向
風向計	2支	戶外實驗測風向
風向觀測器	1座	同時觀測不同位置的風向
風速計	2個	測量風速
塑膠瓦楞板	20片	製作風洞與菜宅模型
硬紙板	10片	製作測試用風洞
工業電扇	1支	提供風源
熱熔槍	1支	接合自製器材
熱熔膠條	1包	接合自製器材
80mm塑膠水管	10支	製作風洞整流段
起煙器	1台	產生煙霧觀察氣流
煙餅	數片	產生煙霧觀察氣流

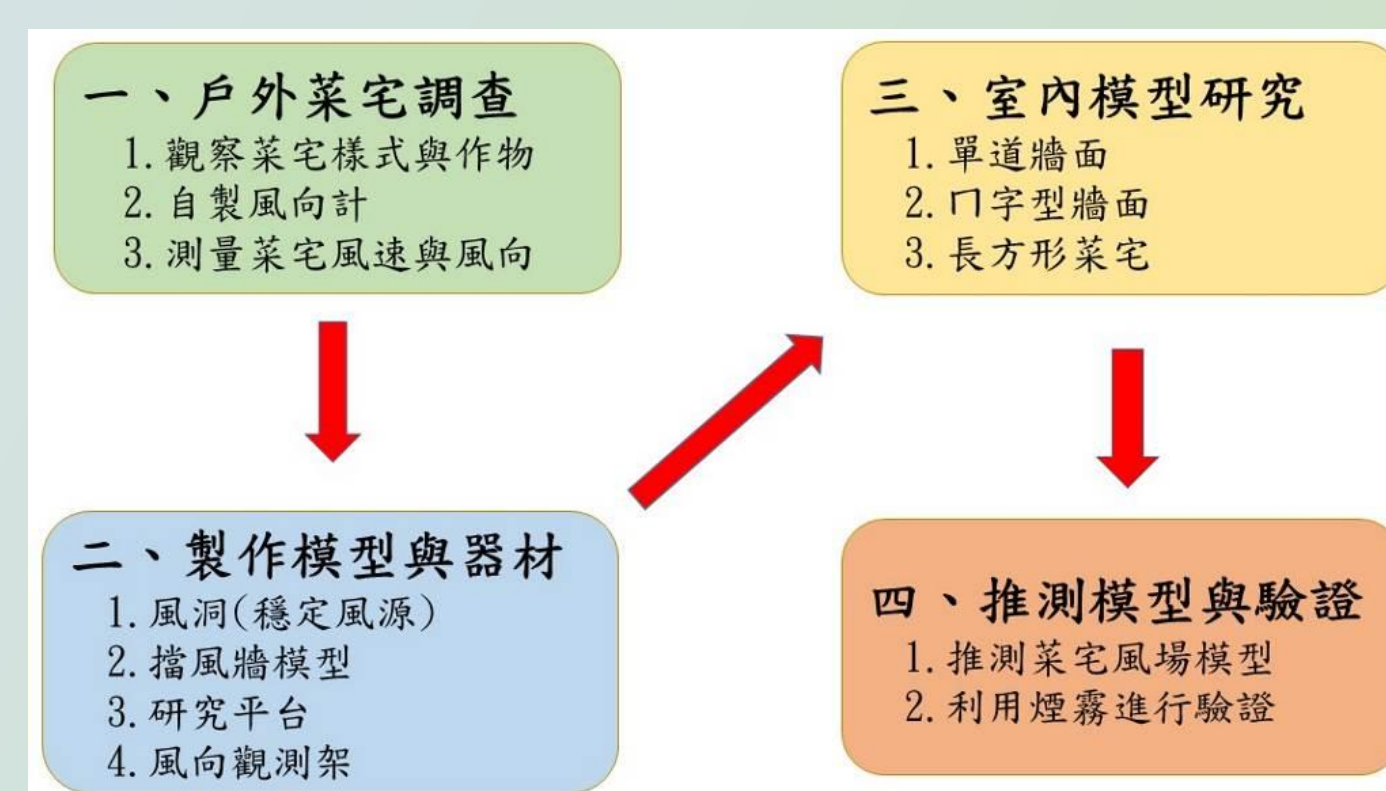


圖1.研究流程圖



圖 2.菜宅內各點位置示意圖



照片1.強勁東北風挾帶海水飛沫(紅圈處)



照片2.選定戶外菜宅進行研究

## 參、研究過程或方法

### 一、觀察、紀錄戶外的風吹過菜宅的變化。

- (一) 自製風向計，並選附近社區二口菜宅，一口長方形，另一口單道式防風牆，進行研究(照片1~2)。
- (二) 在菜宅內依前中後、左中右、低中高，分設27個測量點(圖2)。
- (三) 同步測量菜宅內、外的風力和風向，完成所有測量點的數據。
- (四) 取10秒內風力最大值，記錄並進行比較與分析。

### 二、製作風洞。

- (一) 利用硬紙板製作風洞，以九宮格分別測試風洞的風力強度與穩定度。
- (二) 利用塑膠瓦楞板製作風洞，以九宮格分別測試風洞的風力強度與穩定度。

### 三、觀察風吹過單道牆面模型的變化。

- (一) 裁切 30cm(寬) x 20cm(高)、20cm x 20cm、10cm x 20cm、20cm x 30cm、20cm x 10cm、25cm x 10cm 六種不同規格的塑膠瓦楞板(高要多留6公分作為插槽)。
- (二) 以塑膠管和塑膠繩製作風向觀測器。
- (三) 利用風速計與風向觀測器，測量風吹過單道牆面的變化，分析各牆面不同水平與、垂直位置的風速與風向變化。

### 四、觀察風吹過「冂」字型牆面模型的變化。

- (一) 製作，25cm(寬)x10cm(縱深)x10cm(高)之「冂」字型牆面模型
- (二) 測量風吹過牆面模型的風向與風力變化，記錄並分析數據。
- (三) 調整牆面的寬、縱深、高度，重覆進行測試與分析。

### 五、觀察風吹過長方形菜宅模型的變化。

- (一) 製作，25cm(寬)x25cm(縱深)x10cm(高)之長方形菜宅模型。
- (二) 測量風吹過長方形菜宅模型的風向與風力變化，記錄並分析數據。
- (三) 增加長方形菜宅模型的縱深至50cm，重覆進行測試與分析。

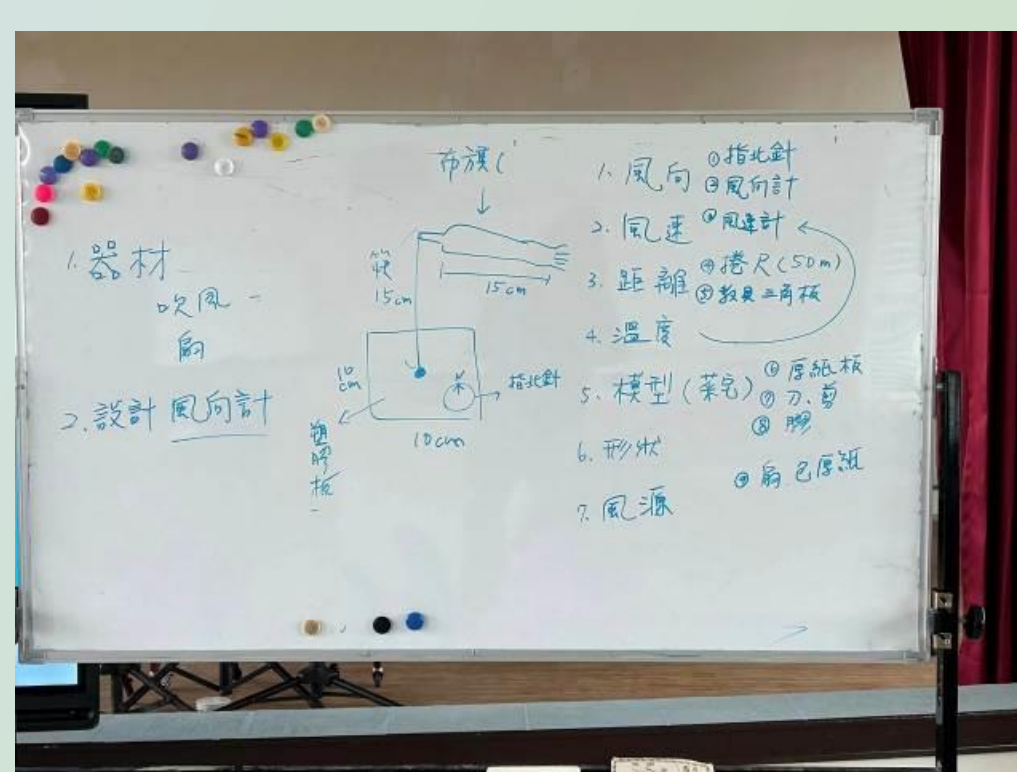
### 六、使用煙霧輔助觀察氣流並驗證模型。

- (一) 利用起煙器製造煙霧，觀察風吹過單牆面後的變化。
- (二) 利用煙餅製造煙霧，觀察風吹過單牆面後的變化。

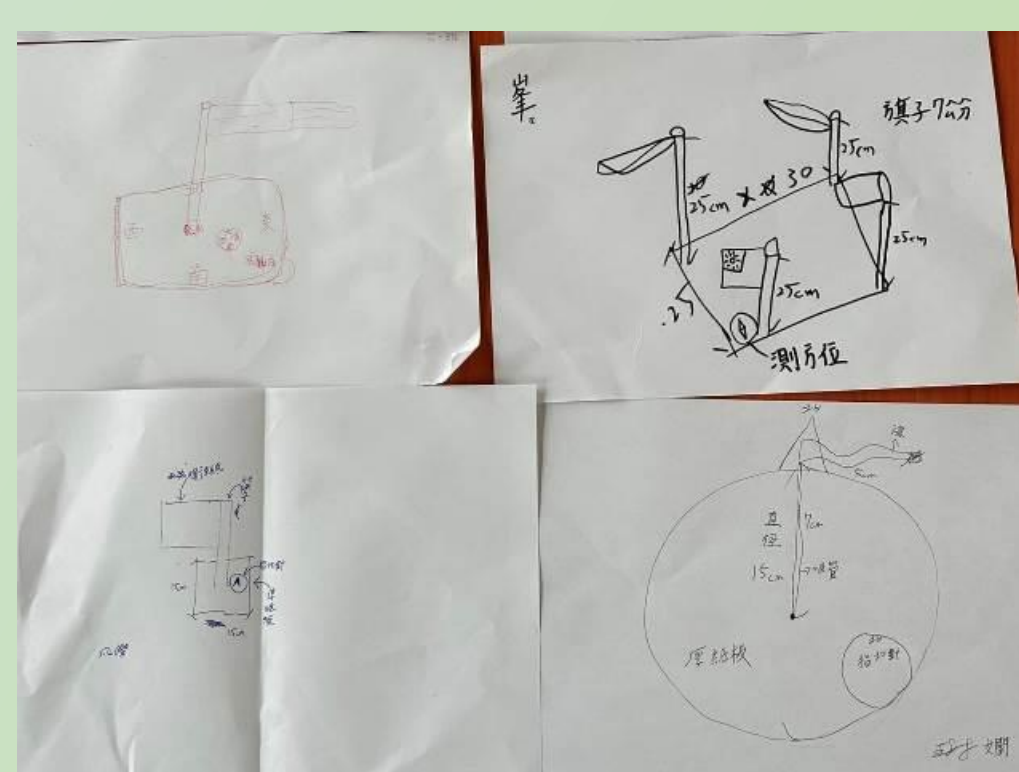
## 肆、研究結果與討論

### 一、觀察、紀錄戶外的風吹過菜宅的變化。

- (一) 自製風向計：利用學校現有器材，以塑膠瓦楞板製作底板、泡棉為底座，插入塑膠管；另外以竹籤一端黏著約10公分長之緞帶紙，一端插入塑膠管內，受風後可轉動，配合底板方向與指北針，就能判別風向(照片3~6)。
- (二) 靠近長方形菜宅(迎風長邊20.5m、高1.1m；側面短邊長16.9m、高0.6m)迎風牆低處風力最小，遠離牆或高度上升，風力較強。(表2)
- (三) 長方形菜宅G(左後)、H(中後)處低點，觀察到南風，推測是風撞牆回彈形成的「倒捲風」，但在牆邊的點(右後)，卻仍是東北風且強勁。
- (四) 長方形菜宅靠左側的A、D、G點，風力比起右側的C、F、I點小，推測是左側有天然的土丘，也有擋風的效果。
- (五) 單一道的擋風牆(長7.1m、高1.3m)，因為風向(東北風)偏左側，所以靠左側的A、D、G點風力較右側大。(表3)
- (六) 單道擋風牆的中後(H點)、右後(I點)，亦出現「倒捲風」，而左後(G點)，持續吹東北風，跟A、D點相比，風力變小。
- (七) 戶外地形複雜，風力也不穩定，影響變因較多，所以要進行室內實驗。



照片3.實驗前進行討論



照片4.繪製風向計設計圖



照片5.製作風向計



照片6.進行戶外實測



表2.1 長方形菜宅的風力(m/s)與風向

菜宅外風力：7.3 m/s 菜宅外風向：NE (東北)									
高度	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	左前	中前	右前	左中	中中	右中	左後	中後	右後
低	0	0	0	0	1.3 NW	2.2 NE	1.9 SE	3.6 SW	4.2 NE
中	0.9 NE	0	1.0 NW	1.0 NE	2.3 NE	3.8 NE	3.3 NW	3.7 NE	5.7 NE
高	1.9 NE	1.2 NE	1.7 NE	3.3 NE	5.2 NE	6.6 NE	4.5 NE	5.0 NE	6.5 NE

表2.2 單一牆面菜宅的風力(m/s)與風向

菜宅外風力：9.0 m/s 菜宅外風向：NE (東北)									
高度	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	左前	中前	右前	左中	中中	右中	左後	中後	右後
低	4.3 N	0.9 NE	0.6 NE	5.4 NE	4.2 N	4.3 N	4.3 NE	2.3 SE	2.0 SE
中	6.9 N	1.3 NE	1.0 NE	6.3 NE	5.5 N	4.9 N	5.9 NE	3.0 SE	3.0 SE
高	8.1 N	1.8 NE	1.3 NE	6.9 NE	6.2 N	5.9 N	6.0 NE	7.3 NE	7.5 NE

說明：低點一貼近地板；中點一約在菜宅迎風牆高一半處；高點：與迎風牆高點切齊

## 二、製作風洞。

- 用硬紙板製作風洞，一般電扇原風力最強4.7m/s，但正中心風小、中心附近風大，邊緣幾乎無風(表3)，極不均勻，經硬紙板風洞(整流段30cm x 30cm、壓縮段20cm x 20cm，壓縮比1.5倍)後，吹出3.7~3.8m/s均勻的風(表3、照片7)，但因硬紙板較軟，實驗段開口過小(20cm x 20cm)不敷實驗使用，而且放置一天後，發生變形問題(照片8)，故改採塑膠瓦楞板當材料。
- 使用工業電扇當風源，利用塑膠瓦楞板製作風洞，並在整流段加入水管(照片9~10)，從整流段(64cm\*64cm)壓縮至實驗段(50cm\*50cm)，壓縮比(整流段/實驗段)約1.28倍，測得出口風力2.7m/s~4.2 m/s，邊緣風力小且風速差距大。
- 因工業用電扇直徑約60cm，調整整流段至56cm\*56cm，實驗段40cm\*40cm，壓縮比(整流段/實驗段)約1.4倍，能將工業電扇最強處7.1m/s但不均勻風力，轉成3.9m/s~4.2m/s風力，雖中心風力仍稍強於二側(表4)，但已接近不少，實驗段開口也足夠大進行菜宅模型實驗。
- 用熱熔膠黏整流段水管，相較白膠、強力膠更快速、更牢固，不過因為膠量不足，實驗期間發生坍塌事件，後來增加黏著膠量，便較為堅固。

表3.一般風扇以硬紙板風洞壓縮前後之風力比較表

裝置	未使用風洞			使用風洞 (壓縮比1.5倍)		
位置	左上	中上	右上	左上	中上	右上
風力(m/s)	2.5	4.5	2.5	3.7	3.8	3.7
位置	左中	中	右中	左中	中	右中
風力(m/s)	4.7	3.0	4.7	3.7	3.8	3.8
位置	左下	中下	右下	左下	中下	右下
風力(m/s)	2.4	4.5	2.3	3.7	3.8	3.7



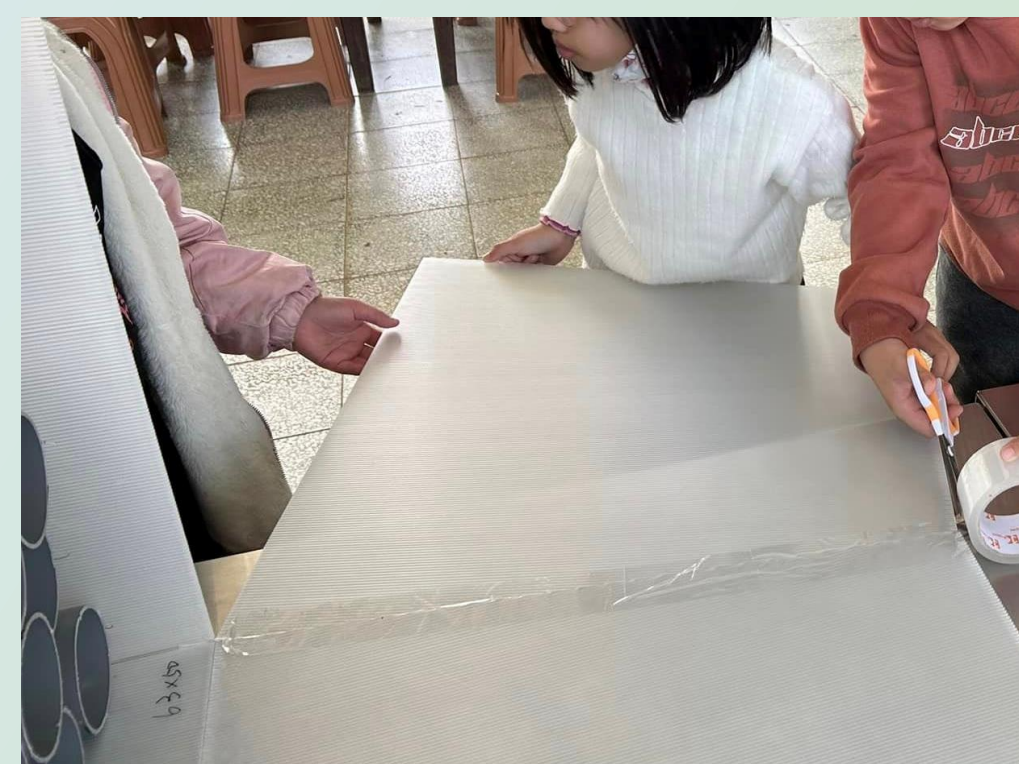
照片7.硬紙板風洞能將風力均勻化



照片8.放置一天後的硬紙板風洞

表4.工業電扇以塑膠瓦楞板風洞壓縮前後之風力比較表

裝置	未使用風洞			使用風洞 (壓縮比1.28倍)			使用風洞 (壓縮比1.4倍)		
位置	左上	中上	右上	左上	中上	右上	左上	中上	右上
風力(m/s)	5.7	6.6	5.8	3.3	4.2	3.4	4.0	4.2	4.0
位置	左中	中	右中	左中	中	右中	左中	中	右中
風力(m/s)	7.1	2.1	6.7	3.0	4.0	3.7	4.0	4.2	4.1
位置	左下	中下	右下	左下	中下	右下	左下	中下	右下
風力(m/s)	5.5	6.1	5.0	2.8	3.9	2.7	3.8	4.2	3.9



照片9.動手製作風洞



照片10.瓦楞板風洞製作完成

## 三、觀察風吹過單道牆面模型的變化。

- 製作研究平台，在風洞出口進行測試，將牆面以「插槽」固定，並以長棍固定風速計，減少手部受風，以免影響實驗結果。(照片11~12)
- 第一次實驗，在牆後中心線(B：緊貼、E：牆後10公分、H：牆後20公分)，分別取低(貼地)、中(10公分高)、高(20公分高)，共9個測量點，測量牆後風力變化，原預期愈靠牆(B點)、愈低點的風力較弱，但有多個牆面都發生低點風力比高點強、離牆遠處風力比近處強的現象，和戶外實驗與預測不一致。(表5)。
- 製作風向觀測架(照片13)，置於牆面後方，發現在某些位置，有反向的風，推測可能是風洞出口距後方櫃子太近，於是搬移至較大的室內進行測試(照片14)，發現反方向的風多發生在牆面後方約10~60公分處，再更遠離，就不會有反方向的風，可知逆風並非主要由後方反彈回來。
- 再次進行實驗，在牆後的中心線、往左移10公分、左移20公分這三條線，每往後10公分，進行低(貼地)、中(10公分高)、高(20公分高)點測量並記錄風力和風向變化，並在中心線35公分高處測試風速做為對照。
- 在單牆面正後方，會形成逆向風，靠牆附近風力最小，隨著遠離牆面，依序觀察到逆風漸強、到達高峰後再減弱、靜止、轉成正向風，再往後則是正向風會逐漸變強(表6、圖3)。我們推測風吹過單片牆後，一股往上流的分支，撞到上方的風後再往下走，接著撞到兩旁支流形成逆向風，另股往上流的分支在牆的上緣下沉往後流動，最終各點風力強弱與風向，受各支流交互作用而定。但總體而言，牆內的風都較外面(4.0m/s)明顯減弱。
- 較高與較寬的牆面，都會讓逆向風和弱風的區域更大。(表7)
- 前方的風撞擊牆面後，亦會形成向二側流動的支流，此支流會和直接吹過來的風碰撞，一股往牆面中間吹動，部分往外擴散，而使外側中段的風力變弱，因此即使超出單片牆面的範圍，風力也會減弱，此現象在較高、較寬的牆面亦較明顯。
- 根據前述討論，推測單片牆面擋風模型如圖4(右頁)。

表5.不同單牆面模型後方風力(m/s)測試紀錄

尺寸	寬30 *高20(cm)			寬20 *高20(cm)			寬10 *高20(cm)			寬20 *高30(cm)			寬20 *高10(cm)		
位置	前	中	後	前	中	後	前	中	後	前	中	後	前	中	後
低	0	1.6	2.0	0.9	1.6	1.9	1.4	1.8	1.6	0.9	1.5	1.8	1.0	1.8	1.4
中	0	1.2	1.5	0	1.2	1.6	1.2	1.6	1.2	0	1.2	1.7	0.8	1.7	0.7
高	0	1.3	1.6	0	1.0	1.4	1.5	2.0	2.7	0	0.8	1.3	4.5	4.5	4.4

表6.單一牆面(寬30cm、高20cm)的風向與風速紀錄表

位置	中央偏左20 cm			中央偏左10 cm			正中央			外面					
高度(cm)	0	10	20	0	10	20	0	10	20	0	10	20	0	10	20
距離(cm)															
0	3.1	3.6	3.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.2
10	1.0	1.0	1.3	-1.0	-0.7	-0.8	-1.5	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9	4.2
20	1.0	1.2	1.2	-1.7	-1.5	-1.1	-1.9	-1.4	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	4.2
30	0.9	1.3	1.3	-2.0	-1.6	-1.7	-2.0	-1.9	-1.9	-1.9	-1.9	-1.9	-1.9	-1.9	4.2
40	0	0	±0.5	-1.0	-1.3	-1.4	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	4.1
50	0	0.8	1.2	-0.5~0	-0.5~0	0.1	-0.9	-0.8	0	0	0	0	0	0	4.2
60	1.1	1.4	1.7	0	0	0.1	-0.1	0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	4.1
70	1.1	1.5	1.9	0.7	1.0	1.3	0	0.9	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	4.1
80	1.2	1.9	2.0	0.8	1.3	1.5	0	1.2	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	4.1
90	1.3	1.9	2.0	1.0	1.6	1.8	0.8	1.1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	4.0
100	1.4	1.7	2.1	1.4	1.8	2.0	1.0	1.4	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	4.0

表7.不同單牆面模型後方正中央區域風力(m/s)紀錄表

尺寸(cm)	寬30 *高20			寬20 *高20			寬10 *高20			寬20 *高30			寬20 *高10		
高度	0	10	20	0	10	20	0	10	20	0	10	20	0	10	20
位置															
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.7	0	4.3
10	-1.5	-0.9	-0.9	-1.3	-1.1	-0.8	-1.6	-1.7	-1.0	-1.0	0	0	-1.9	-1.5	4.2
20	-1.9	-1.4	-1.6	-1.9	-1.7	-1.4	-2.1	-1.7	-1.3	-1.5	-1.2	-0.8	-2.1	-1.6	4.2
30	-2.0	-1.9	-1.8	-1.6	-1.5	-1.3	-1.5	-1.1	0.7	-1.7	-1.4	-1.3	-0.9	±0.7	4.2
40	-1.5	-1.5	-1.9	-1.4	-0.8	-0.8	1.0	1.6	2.0	-1.9	-1.7	-1.5	1.0	1.6	4.2
50	-0.9	-0.8	0	-1.1	0	0	2.0	2.4	3.0	-1.8	-1.4	-1.2	1.8	2.4	4.2
60	-0.1	0	1.0	±0.8	1.2	1.1	2.2	2.8	3.3	-1.0	-0.8	0	2.3	2.6	4.1
70	0	0.9	1.3	1.3	2.0	2.2	2.6	3.0	3.6	0.8	1.0	1.5	2.4	2.8	4.1
80	0	1.2	1.9	1.8	2.1	2.3	2.8	3.2	3.7	1.1	2.0	2.3	2.6	3.2	4.1
90	0.8	1.1	2.0	2.1	2.5	2.7	2.8	3.5	3.9	1.5	2.1	2.4	2.7	3.4	4.0
100	1.0	1.4	2.0	2.1	2.4	2.6	2.8	3.5	3.9	1.8	2.1	2.4	2.7	3.4	4.0

說明：標註紅色字體代表逆向風和弱風的區域(逆風~2.0m/s順風以下)

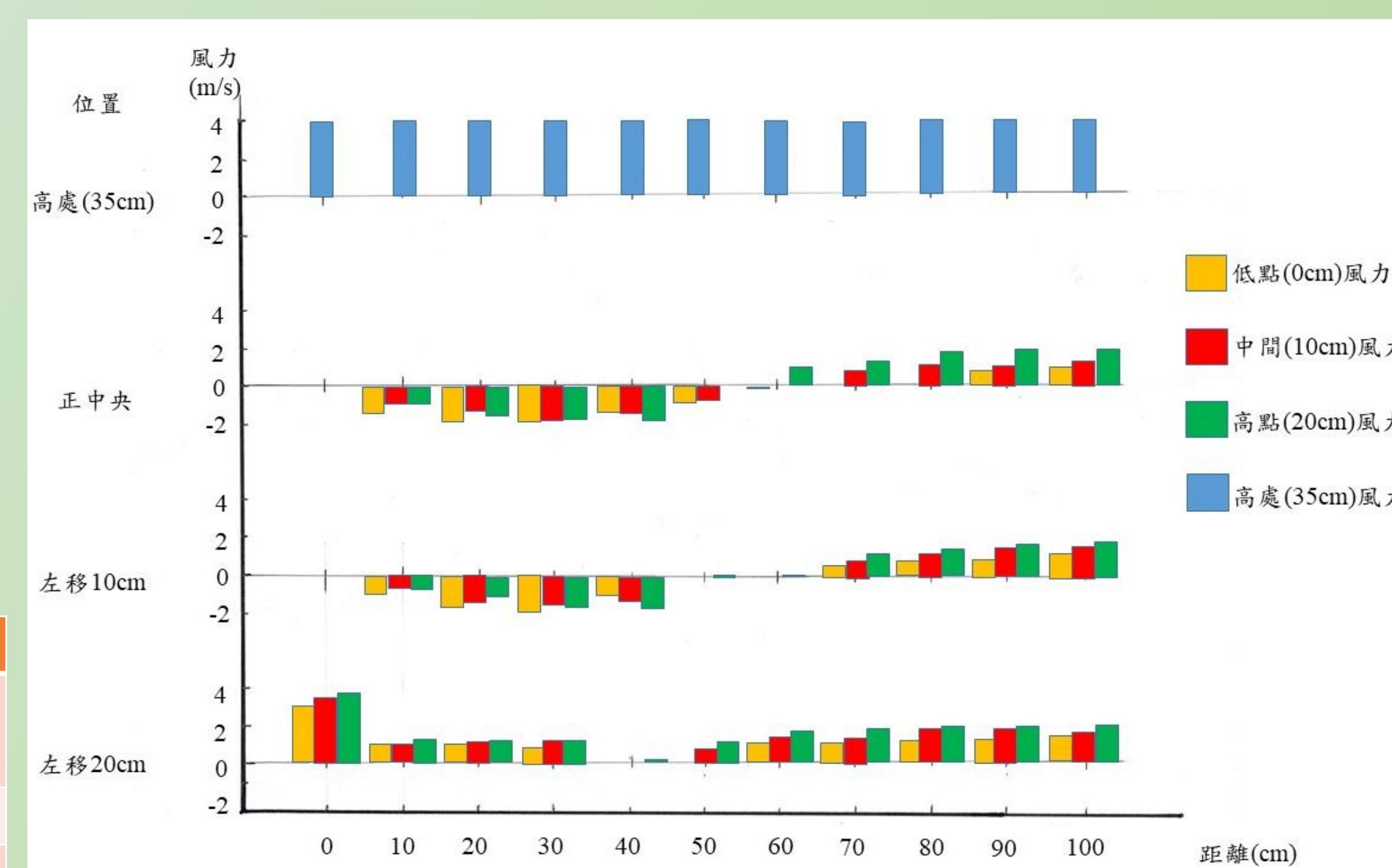


圖3.單片牆面(寬30cm、高20cm)後方的風力變化圖

左表6說明：

- 負號(-)風力，代表該點測得逆風。
- 風力 0 不代表無風，只是風力太小，扇葉會動但不轉。
- 正負(±)符號，代表該點時而吹正向風，時而吹逆向風。



照片11.研究平台



照片12.定點測量風力



照片13.風向觀測架



照片14.較大的實驗場所



#### 四、觀察風吹過「口」字型牆面模型的變化。

- (一) 製作多個口字型牆面(照片15)模型進行研究，並與25cm(寬) x 10cm(高)之單一牆面進行比較。
- (二) 較寬、高的迎風牆面，逆風區與弱風區範圍較大，與單牆面實驗結果相同，可見能造成較明顯擾動，使原本的氣流(風)改變。(表8)
- (三) 側牆較短時(10cm、25cm)，產生的逆風、無風區並無明顯變大，但若延伸到50cm(單牆面25cm x 10cm產生的逆風區約到40cm處)，就能產生較大範圍的無風區域—減少「倒捲風」(表9)，推測是因為兩側的順向氣流被延伸面導引到較後方處，減低上方氣流的反彈效果。
- (四) 在較低的區域與菜宅內側邊(偏移10cm)處，測得較強的逆風，而水平高度10cm處，反而較無風(風速計會動，但風力沒強到會轉)，推測可能是逆風和部分順風互相抵消的關係。(圖5)

表8.不同口字型牆面模型後方正中央區域風力(m/s)紀錄表

側牆尺寸：長10cm x 高10cm									
尺寸(cm)	寬25*高10 (口字型—對照)			寬15*高10 (口字型—較窄)			寬25*高15 (口字型—較高)		
高度位置	0 cm	10 cm	20 cm	0 cm	10 cm	20 cm	0 cm	10 cm	20 cm
0	0	0	4.3	0	0	4.4	0	0	4.2
10	-1.3	-1.3	4.3	-1.4	-1.3	4.2	-1.2	-1.2	4.4
20	-1.7	-1.2	3.9	-1.3	-1.0	4.0	-1.7	-1.6	3.1
30	0	0	2.8	1.2	1.4	3.8	-1.1	-0.9	2.2
40	1.2	2.0	2.8	2.3	2.4	3.6	0	0	2.5
50	1.8	2.0	3.0	2.8	3.0	3.6	0	1.4	2.5
60	2.2	2.5	3.3	3.0	3.2	3.4	1.3	2.1	2.8
70	2.4	2.8	3.4	3.1	3.4	3.5	1.6	2.2	2.9
80	2.5	2.9	3.4	3.1	3.4	3.6	1.8	2.4	3.2
90	2.6	2.8	3.5	3.0	3.5	3.6	1.9	2.5	3.3
100	2.6	2.8	3.3	3.0	3.5	3.5	2.0	2.7	3.3

說明：標註紅色字體代表逆向風和弱風的區域(逆風~2.0m/s順風以下)

#### 五、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16)、口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9)。
- (二) 三種模型的菜宅內側邊(偏移10cm)和中間低處，逆風都較水平高度10cm處強，推測是與較高處的順風支流互相抵消。
- (三) 長方形菜宅後方區(菜宅外)風力較小，推測是因為平行迎風牆的後方牆面，形成另一道屏障，因此更能增加擋風效果。(圖6)
- (四) 長方形菜宅外側的風力較強，推測是因為氣流方向未改變，要等吹過菜宅後分散，才會再稍弱。

表9.不同類型牆面模型後方正中央區域風力(m/s)紀錄表

迎風牆面尺寸：寬25cm x 高10cm																		
模型類別	單一牆面			口字型(側邊長10cm)			口字型(側邊長25cm)			口字型(側邊長50cm)			長方形(側邊長25cm)			長方形(側邊長50cm)		
高度位置	0	10	20	0	10	20	0	10	20	0	10	20	0	10	20	0	10	20
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
0	0	0	4.1	0	0	4.3	0	0	4.3	0	0	4.3	0	0	4.3	0	0	4.0
10	-1.7	-1.3	4.1	-1.3	-1.3	4.3	-1.4	-0.9	4.1	0	0	4.3	-1.2	0	4.4	0	0	4.0
20	-1.8	-1.5	4.1	-1.7	-1.2	3.9	-1.9	-1.4	4.4	-0.8	0	4.0	-1.4	-0.8	4.3	-0.5	0	3.4
30	-1.1	-0.7	4.1	0	0	2.8	-1.8	-1.1	4.4	-1.0	0	3.9	-0.5	0	3.8	-1.0	0	3.5
40	0	0.9	3.9	1.2	2.0	2.8	0	0.8	3.8	0.5	0	3.9	0	0.9	3.8	-1.0	0	3.8
50	1.5	2.0	4.0	1.8	2.0	3.0	1.2	1.6	4.0	1.6	2.2	3.9	0.8	1.7	3.7	-0.5	0.7	3.1
60	2.0	2.2	3.9	2.2	2.5	3.3	1.4	2.0	4.0	2.0	2.8	3.9	1.3	2.0	3.6	0	1.3	3.1
70	2.2	2.6	3.5	2.4	2.8	3.4	1.9	2.4	3.9	2.1	2.9	3.8	1.7	2.2	3.7	1.0	2.2	3.3
80	2.3	2.9	3.7	2.5	2.9	3.4	2.0	2.4	3.9	2.2	3.1	3.9	2.0	2.5	3.6	1.6	2.5	3.5
90	2.6	3.0	3.7	2.6	2.8	3.5	2.2	2.6	3.9	2.3	3.2	3.9	2.1	2.8	3.7	1.8	2.6	3.6
100	2.6	3.0	3.5	2.6	2.8	3.3	2.2	2.7	3.8	2.5	3.1	3.9	2.3	2.8	3.8	2.1	2.6	3.7

說明：標註紅色字體代表逆向風和弱風的區域(逆風~2.0m/s順風以下)

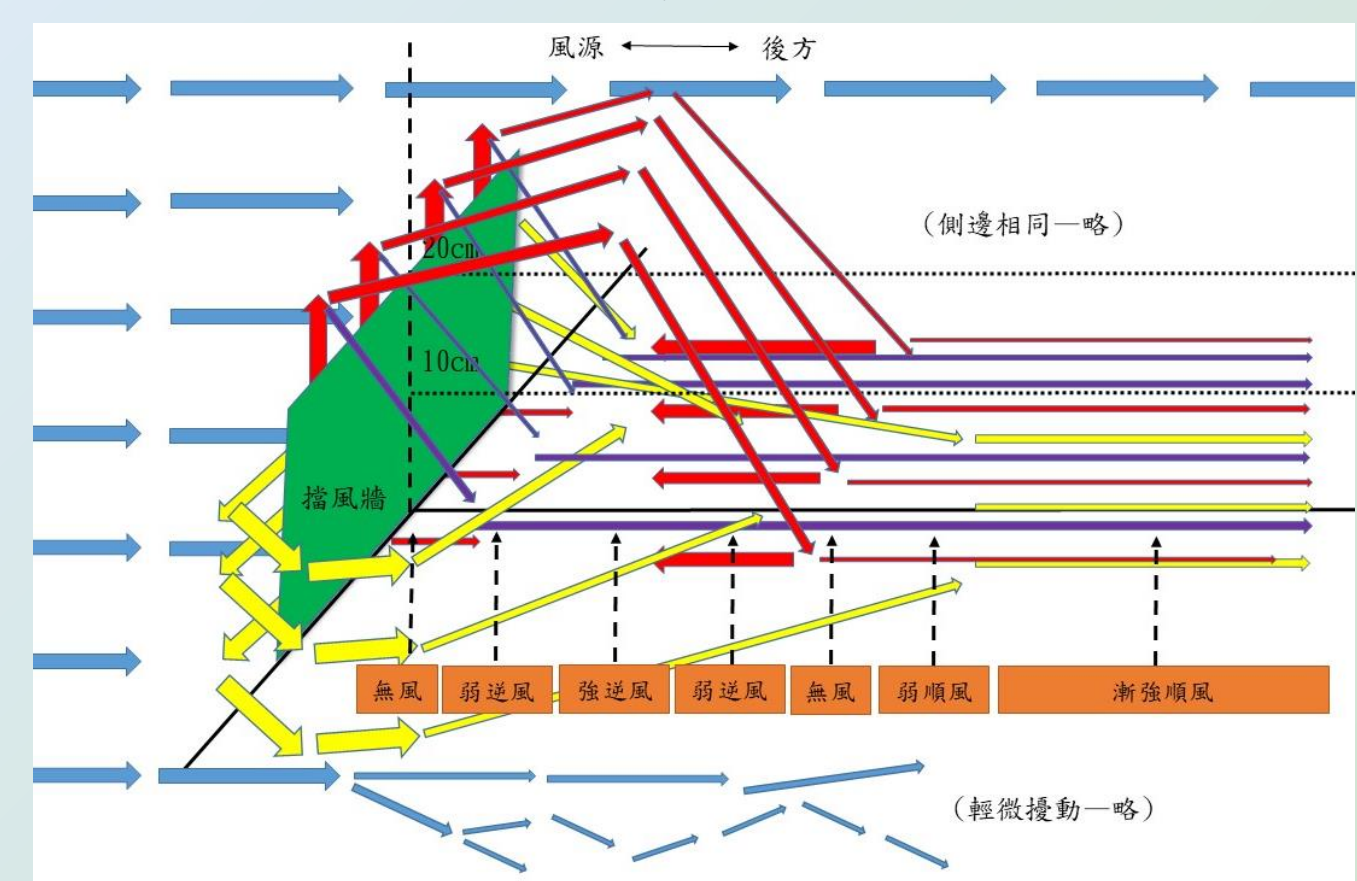


圖4. 單牆面風力模型圖

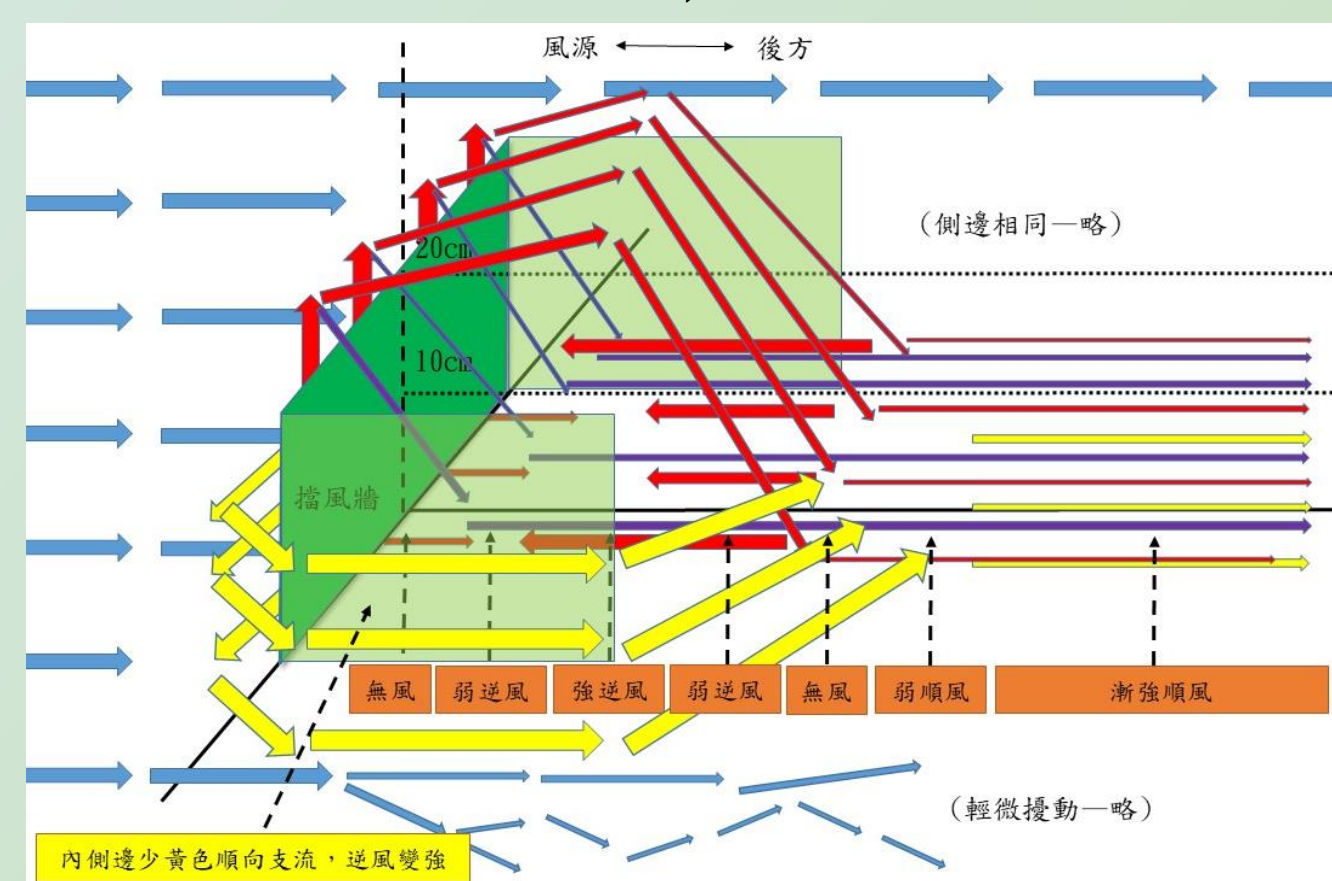


圖5. 口字型牆面風力模型圖

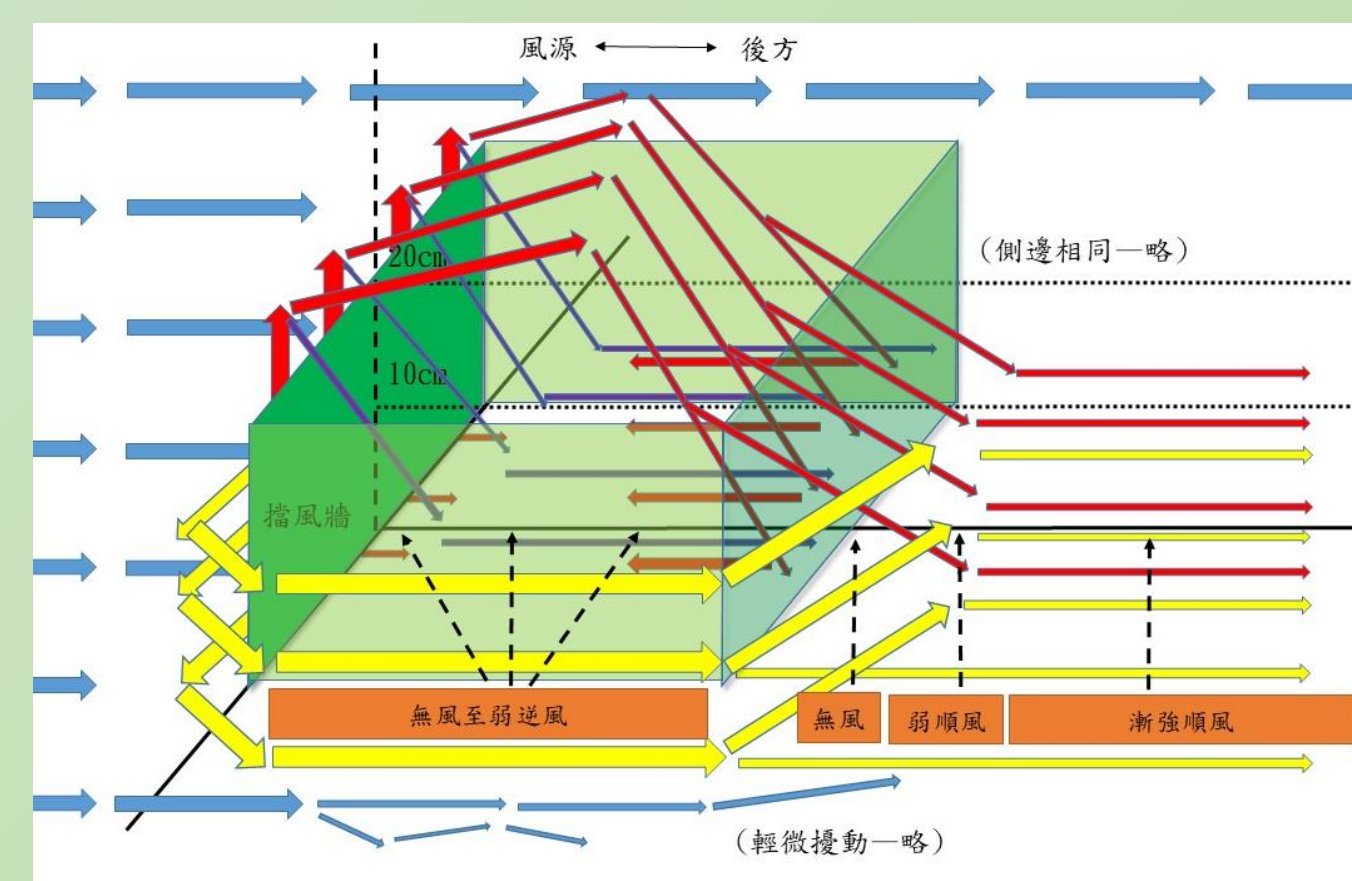


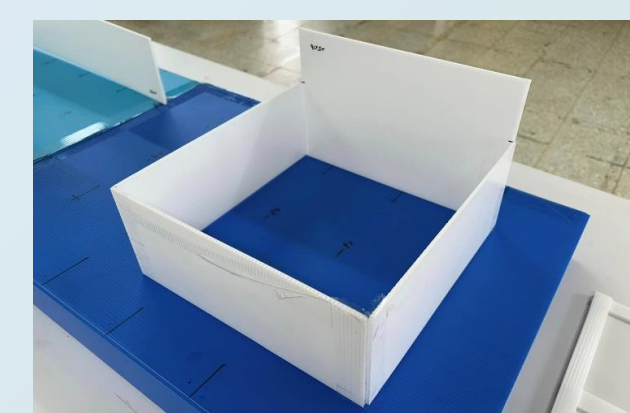
圖6. 長方形菜宅風力模型圖

#### 六、以煙霧輔助觀察氣流與驗證模型。

- (一) 使用起煙器與煙餅製造煙霧，均能觀察到與實驗結果和推測模型「相近」的現象，起煙器(消防隊暫借半日)的效果更佳但無法久借。
- (二) 二種煙霧皆是「以熱發煙」，所以煙霧會稍微往上方飛，因此與常溫的空氣模型不完全一致。(照片17~20)



照片15. 口字型牆面



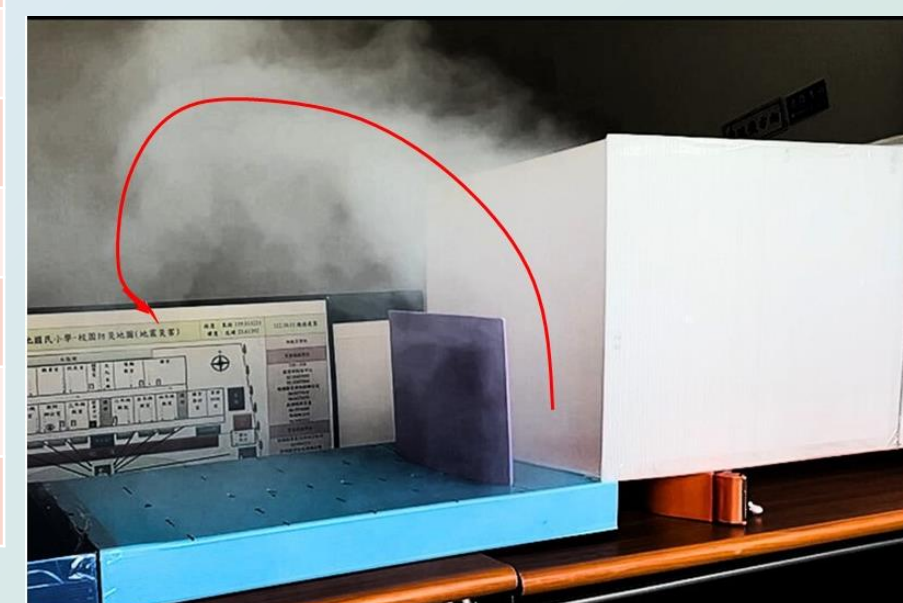
照片16. 長方形模型



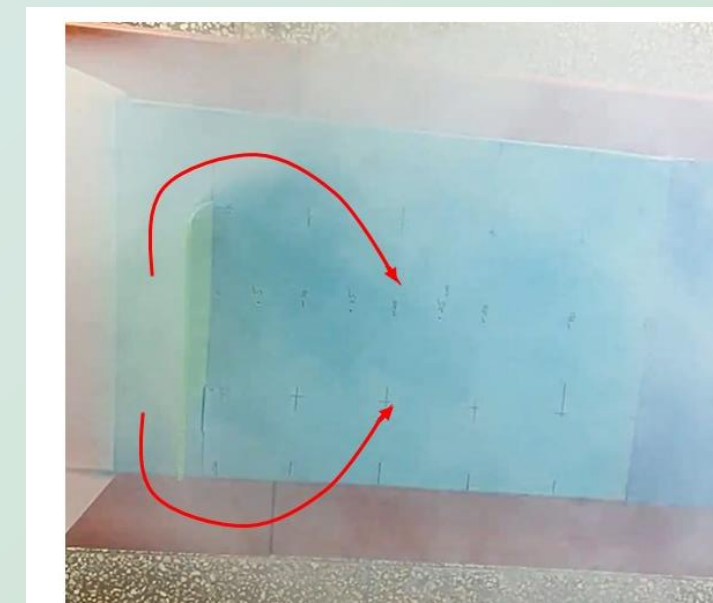
照片17. 起煙器



照片18. 煙餅



照片19. 側拍截圖(經處理)



照片20. 俯視截圖

#### 伍、結論

- 一、澎湖菜宅多屬長方形(偶有口型和單牆)，迎風牆約與季風風向垂直，能阻擋直接吹來的風並造成擾動，使風產生分流，保護作物。
- 二、在戶外菜宅，發現部分區域會有「倒捲風」現象，單一牆面的側邊，若風向未與迎風牆垂直，也會有較強的風力。
- 三、利用塑膠瓦楞板與塑膠管，並提高整流段與實驗段的壓縮比，能產生較強且均勻的穩定風力。
- 四、單牆面實驗，風撞擊牆面後，分成數個支流，包含越過牆面上方與往二側，這些支流會再與外圍(未撞擊到牆面)的氣流撞擊而改變方向，因而在牆面後方形成一段較弱風(包含無風、逆風、順風)的區域，隨著離牆較遠後，氣流會再度整合，轉化成順風並再度變強。
- 五、口字型和長方型菜宅模型，都能阻擋側面的氣流進入菜宅內，愈長的側牆效果愈明顯，但側牆外風力較單一牆面強。而長方型菜宅因為有二面垂直於風源的牆面，所以能形成更大的弱風及無風區域(包含菜宅外)。
- 六、依目前的研究結果，較高、較寬的迎風牆面，能有較明顯的阻風效果，若在靠近菜宅能產生逆風區最遠處搭建第二道牆，建成長方形菜宅，會有較好的擋風效果，提高適合種植的區域。

#### 陸、檢討與未來研究方向

- 一、本實驗有較多動手做，且看不見空氣，研究過程遇到許多問題，透過思考、討論，逐一解決，並提出解釋，但花費較多時間進度不如預期。
- 二、因器材與研究需求限制，僅做出1.4倍壓縮比風洞，風力強度稍嫌不足，邊緣風力也比中間稍弱，不夠均勻。
- 三、未來可研究菜宅角度、牆面的高度差、孔隙、上緣形狀、宅內阻風構造.....等，期望用最少的材料和人力，搭建擋風效果最好的菜宅。

#### 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(2022)。奇妙的空氣。載於康軒文教事業，國小自然科學第二冊(頁75-95)。康軒文教事業。
- 四、莊龍翔、周子言、林季妃(2019)。蓋世魔球—瓶蓋棒球初探。金門縣立金城國民中學。