

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生物及地球科學科

031728

風神，綁！

學校名稱：桃園縣立龍興國民中學

作者：

國二 黃增煒

國二 彭康年

國二 李孟儒

國二 王俊晟

指導老師：

涂相如

關鍵詞： 防風林、風阻、風速

摘 要

摘要內容：

冬季時校園中強風橫行，我們很想知道社區中防風林對風是否具破壞力。本研究採風阻實驗裝置模擬防風林，並對校園附近約 28 ha 的土地與社區中防風林進行實地調查，推測風阻對風速衰減的影響。風阻實驗裝置結果中，中央測點的最大風速受風阻影響範圍約可達 6 倍風阻高度的距離，受風阻寬度的其他區域，當距離在風阻高度的 4.5 倍內出現平均風速有衰減。調查鄰近研究地區主要為草生地、建物地區與菜園及水田耕地等三大類型。在研究地點中的防風林共有 11 座，有雙排林的林地相鄰 6~7 倍樹高，林向皆在 $315^{\circ}\pm 45^{\circ}$ 至 $135^{\circ}\pm 45^{\circ}$ 的範圍內，北風及東北風對於些走向的林地近乎成垂直夾角，至於當風向為東北及北向時，影響研究國中校園的林地共有 3 座，再由訪查民眾，了解防風林對人們的價值。

關鍵字：防風林、風阻、風速、風向

壹、 研究動機

風很奇妙，強者可以摧毀一切，弱者卻可以讓人享受清涼。從書中得知它會在野柳地區讓女王頭雕琢成曠世鉅作，我們也觀察到校園內的樹枝好像會照著它制定的校規扭曲成長。因此，我們看到風不只是在自然環境進行藝術創作也化育萬物，也感受到多風的季節也對人們的影響。每到冬季時，校園的風這麼大，好像班上的感冒的人一直都很多。非常幸運的，我們卻也閱讀到成群的都市林可以阻擋到處肆虐的強風，讓氣流減少干擾，創造舒適的環境，甚至可以預防呼吸道疾病呢！每天放學走在回家路上，常看到一排排在稻田、農家與埤塘旁的樹林，好像可以防風。於是，我們研究團隊就很想知道，我們居住在南桃園的都市中，這些爺爺級的防風林可否為每個同學、老師以及校園樹木的身體好好把關，幫幫我們的校園擋一擋有時會令人惱人的風。

貳、 研究目的

- 一、 找出風速受風阻的影響距離與範圍
- 二、 調查校園附近的林地及建物
- 三、 了解與校園關係密切的林地及建物對校園風速的影響
- 四、 訪查並了解校園附近的林地價值

參、 研究設備及器材

- 一、 風速測量：LT 掌上型數字顯示風速計 LM-81AM，風速風向計 0~22m/s 16 方位，比例尺 指北針
- 二、 ；壁報紙全開兩張、16 吋直立電風扇 400W*220D*950H mm 電壓 110V 頻率 60Hz 一座、大鐵夾 4 個、鐵架 2 座
- 三、 定位：GARMIN GPS eTrex Legend 定位準確度<15m

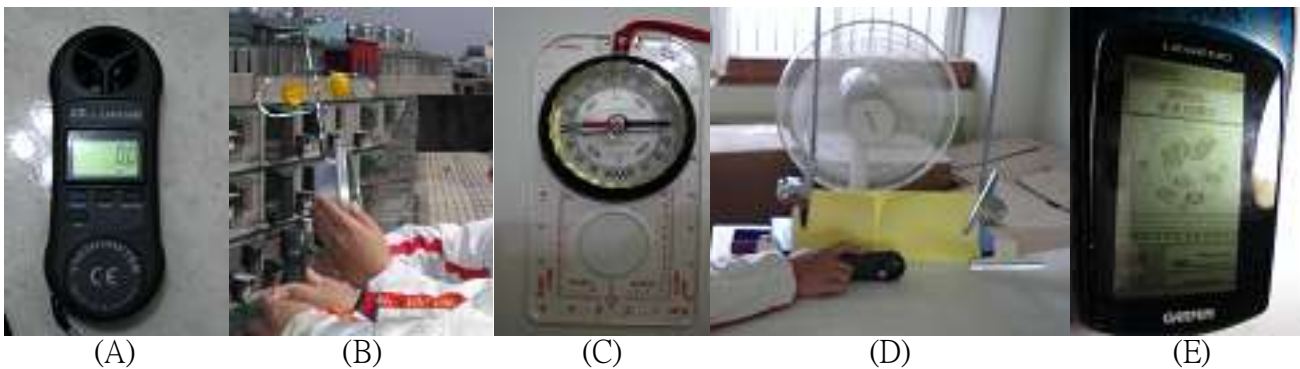


圖 一、器材與裝置

(A)掌上型風速計 (B) 風速風向計 (C)指北針 (D) 風阻裝置 (E) GPS

四、 繪圖

(一) 圖籍資料

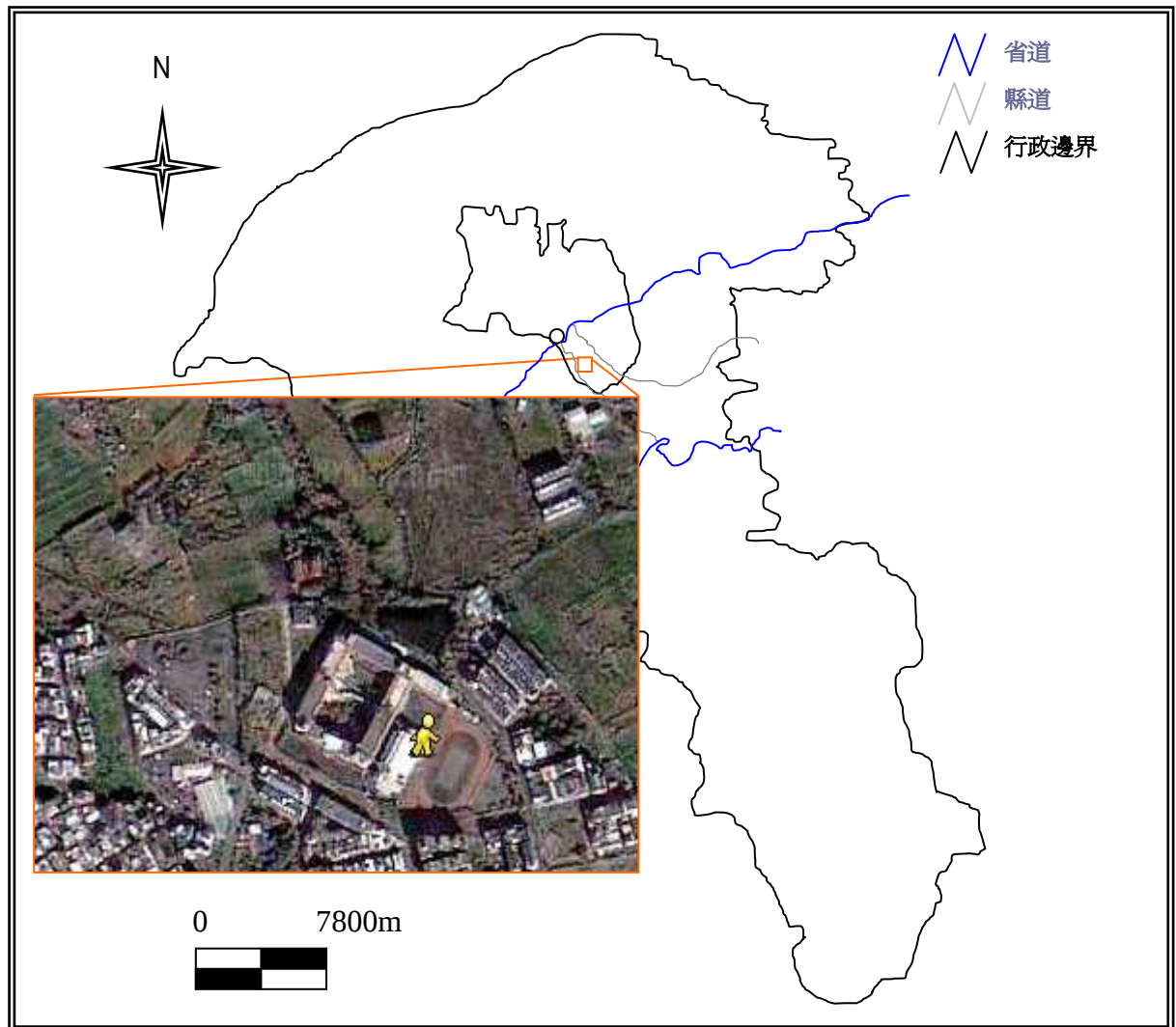
Urmap 衛星影像(授權碼為 P06-028-000168)

(二) 影像與文字編輯及繪圖軟體

1. PhotoImpect 8.0
2. Microsoft Office Word 2003
3. 小畫家

肆、 研究過程或方法

一、 研究地點



橘色區域為研究地點，衛星影像來自 Urmmap 網站

圖 二、桃園縣中壢市境內的包括研究國中與附近土地及建物的衛星影像

本研究地點位在桃園縣中壢市龍德里與龍興里，考量對研究國中的風場產生影響之防風林豐富及多建物地點(見圖二)，包括西北角為龍福宮後側草生地，東北角為通往後寮里 20 鄰後寮 93 之地址的道路與後興路的交叉口，東側有檳榔攤，西南角為生技工廠對面龍岡路三段 77 號前，東南角地點為公園旁龍吉五街近龍智路，調查面積共計 283500 平方公尺(28ha)，調查期間自 2008 年 1 月至 2008 年 3 月，盛行東北季風的季節。

二、 風阻原理

戚啟勳在大氣科學一書提到，研究風阻的專家針對風阻功能的樹林帶周圍的風速進行研究，結果顯示氣流受阻的距離 X 與風阻高度 H 有關，最低風速約出現在 3~4 倍的風阻高度。但他也提到，至風阻的 6~12 倍距離時，風速只能減少 40~80%，這範圍為風速恢復區。同時他也提到，有學者認為這恢復區的範圍可以達到風阻高度的 20 倍。

三、 風阻實驗裝置

風阻裝置為量測出 15cm 高的壁報紙摺成直角，與風扇垂直端兩側以鐵夾固定在鐵架上，距離風扇 20cm，水平端壓在另一張繪有 10cm*10cm 網格的壁報紙下，再以鐵夾固定。

四、 實驗值測定方法

(一) 風速以 LT 掌上型數字顯示風速計 LM-81AM 0.4~30.0m/s (<20m/s 精確度 ± 3 ; >20m/s 精確度 ± 4)進行對風速測量方法如下：

1. 將風速計固定在風扇前 20cm 的距離，計 20 秒、30 秒與 40 秒後開始記錄再 30 秒後，比較風扇 2 級與 3 級風的平均最大風速與平均最小風速。20 秒後的平均最大與最小風速分別是 3.9 與 2.5，30 秒後的平均最大與最小風速分別為 4.0 與 3.5，至於 40 秒後為 4.0 及 3.5，與 30 秒後測量結果相同。
2. 以風速計接收 30 秒後進行不同距離的風速 30 秒記錄最大風速與最小風速。
3. 了解未經防風模型之風扇不同風速級數之風速衰減率，對照真實的風阻的效能。

(二) 風向是以風速風向計 0~22m/s 16 方位來測量，並對照指南針的實際方位。

(三) 樹林的高度與寬度是以指南針的比例尺來估計，垂直於林地跨步 12 步約為 10 公尺處，所見一公尺的寬度相當於放置眼前 15 公分的比例尺為 2 公分，樹林高度為地面往上至該林相似疏密度的最小距離，樹林寬度為平行地面相似疏密度的最小寬度，不連續者不計成同批林地。

五、 研究步驟

(一) 防風效應驗證

1. 確定未經防風模型之風扇風速衰減率
 - (1) 測量不同電扇風速的衰減率
 - (2) 固定風速下測量與風源不同距離時的風速衰減率

- (3) 測定出中心點風速所代表的最小範圍
2. 測定經風速計一倍高度防風模型之風扇風速衰減率
測量經與風向垂直防風模型的風速，並算出離防風模型不同距離時的風速衰減率
- (二) 防風林之調查資料、圖籍及圖檔之搜集與處理
 1. 取得防風林與建物調查樣區的地圖、相片及衛星影像資料
 2. 由研究地點定位座標系統轉換小畫家座標
- (三) 現場勘查及影像分析
 1. 攜帶地圖及照片影像至現場初步比對，了解土地利用及植物分佈覆蓋情況，以輔助分類。
 2. 將取得衛星影像與實地探勘結果比對判斷，大區塊的單一利用區域延道路及水渠切割。
 3. 記錄區塊的座標並分類紀錄區塊中建物、水系(埤塘、圳渠)與植物覆蓋(竹林、相思林、混合闊葉林、水田地、高草地、草生地、公園及菜園)
 4. 細部記錄植物覆蓋高度、林地走向與寬度
 5. 分析林地走向記錄數值與風向的關係
 6. 訪查居民林地利用與價值
- (四) 校園風場調查
 1. 取校園東北角、西南角、A 棟穿堂中央、校門旁冷卻塔邊(PU 跑道底端)、校園東側籃球場以及操場正中央各命為 1~6 號測點。
 2. 在校園各點的座標加以定位
 3. 測量並紀錄風速即地面吹來的水平風、風向即地面風吹來的方向等氣象資料
 4. 比較客觀氣象數據研判建物及防風林的減風效應對研究國中校園的影響
 5. 資料調查了解校園空氣品質

伍、 研究結果

一、 防風效應實驗

(一) 風速計不受防風裝置之風阻風速衰減率

1. 以風速計接收 30 秒後再由風速計記錄最大值與最小值，分別進行 20cm 與 40cm 不同距離的風速 30 秒記錄。

表格 一 沒有風阻時不同距離的風速衰減值

風扇風速強弱	2 級風		1 級風	
平均風速	max	min	max	min
20cm 時的風速 U0	4.7	4.2	6.2	5.4
40cm 時的風速 U1	4.4	3.8	5.8	5.0
$U0-U1/U0*100\%$	6.38	9.52	6.45	7.41

註：max 為直立施測兩次的平均最大風速 min 則為施測兩次的平均最小風速

2. 固定 1 級風風速，測出不同距離時的風速，在計算此風速與最大風速的差值在比上最大風速，計算出風速衰減率。

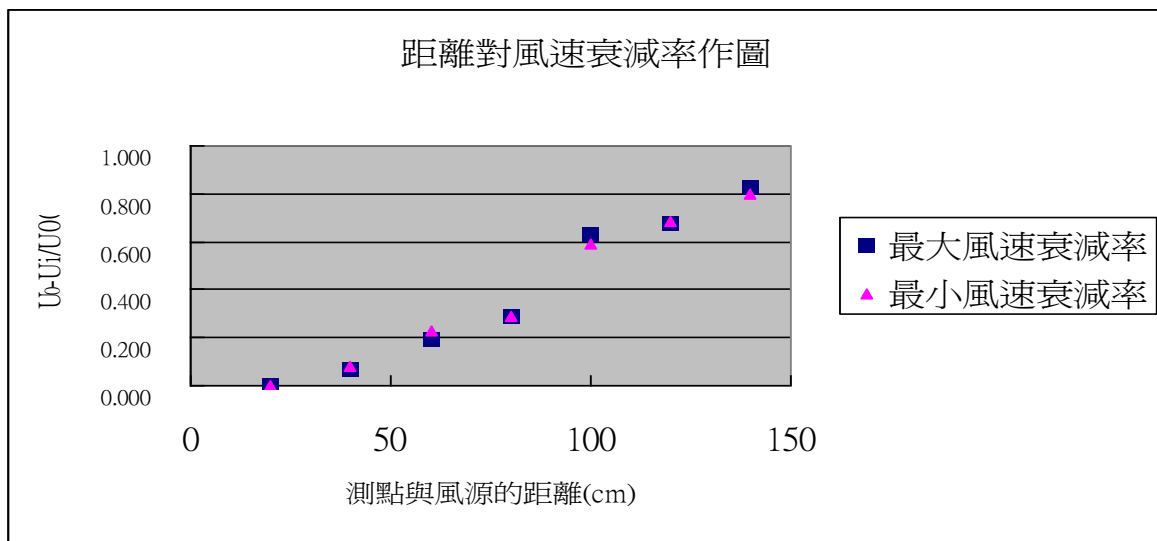


圖 三、沒有風阻時 1 級風的風速衰減值對與距離的關係圖

3. 沒有風阻裝置時區域各點的風速

(1)在 10cm*20cm(平行距離*垂直距離)的網格上測量最大與最小風速的實際值，建立衰減風的標準值

表格 二 沒有風阻裝置時受風區域各點的最大與最小風速實際值

距離 cm	10		30		50		70		90		110		130	
平均風速	max	Min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min
直立中央風速	6.2	5.4	5.8	5.0	5.2	4.4	4.8	4.2	3.8	3.4	3.7	3.2	3.4	3.0
平放中央風速	1.3	0.3	2.4	1.6	5.0	2.9	4.9	2.9	4.9	3.1	4.3	3.6		
左側 1 格	0.1	0.0	2.0	0.9	3.3	1.5	4.5	3.3	4.6	2.1	4.4	2.8		
左側 2 格	0.0	0.0	1.0	0.0	2.2	1.2	3.5	2.4	4.7	3.8	4.6	3.8		
右側 1 格	0.3	0.0	3.4	1.9	3.3	2.5	4.1	3.1	4.2	2.9	4.2	3.2		
右側 2 格	0.0	0.0	0.4	0.0	2.3	0.9	3.0	1.6	3.4	2.6	3.5	2.8		

註：考量風阻高度而降低測點的高度，將風速計改成平放

(2)以 0-6 級標示 10cm*20cm 網格區域的風速

表格 三 沒有風阻裝置時受風區域各點的風速級數

距離 cm	10	30	50	70	90	110	130
左側 2 格	0	1	2	3	4	4	3
左側 1 格	0	2	2	4	3	4	-
中央點	1	2	4	4	4	4	-
右側 1 格	0	2	3	4	4	3	-
右側 2 格	0	0	2	2	3	3	-

註：風向由左至右每一級的平均風速為最大風速與最小風速的四捨五入平均值

4. 測定出中心點風速所代表的最小範圍

(1)測量風源 20cm 時中心點與左右兩側 5cm 兩測點與左右兩側 10cm 測點比較與中心點風速(max, min 為 6.2m/s, 5.4m/s)的差異。

(2)所測 5cm 平均風速結果左側為(max, min 為 6.0m/s, 5.5m/s)右側為(max, min 為 6.2m/s, 5.3m/s)；所測 10 公分平均風速結果左側為(max, min 為 5.6m/s, 4.9m/s)右側為(max, min 為 5.3m/s, 4.7m/s)。由結果顯示與中心點距 5cm 處差異較小，顯示中心風速可明顯代表左右各 5cm 的平均最大與最小風速，故將測點網格設定成 10cm*10cm 來進行風阻實驗。

(二) 風速計受一倍高度防風裝置之風阻後風速衰減率

1. 風速經與風向垂直防風裝置的記錄

(1) 實際測量的最大風速與最小風速

表格 四 測量在風阻裝置時受風區域各點的最大與最小風速實際值

距離 cm	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130													
平均風速	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min												
m/s	0.3	0.0	1.7	0.9	3.8	2.6	5.1	4.2	5.2	3.8	5.3	4.4	4.8	3.8	4.5	3.7	4.2	3.2	3.2	2.6	3.4	2.8	3.8	3.1	3.4	2.9
左側1格	0.0	0.0	0.4	0.0	1.7	0.4	2.6	1.2	2.9	1.3	3.6	1.2	3.6	2.6	3.7	2.4	3.7	2.4	3.1	1.6						
左側2格	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.5	0.0	1.7	0.3	1.7	0.5	2.9	1.2	3.5	2.5										
右側1格	0.0	0.0	0.3	0.0	0.7	0.0	1.7	0.4	3.4	1.8	2.9	2.2	3.8	2.0	3.7	2.2										
右側2格	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.2	0.0	1.4	0.6	2.1	0.3	2.3	0.9	3.0	1.2										

註：防風裝置架設離風源 20cm，風阻高度 15 公分，未有風阻的平均風速 20cm 的 max 為 6.2m/s, min 為 5.4m/s

(2) 整理表格四，以 0-6 級標示 10cm*10cm 網格的風速

表格 五 受風區域各測點在風阻裝置時的風速級數

距離 cm	10	20	30	40	50	60	70	80
左側 2 格	0	0	0	1	1	2	3	-
左側 1 格	0	0	2	2	2	3	3	3
中央點	0	1	3	5	5	4	4	4
右側 1 格	0	0	2	3	3	3	3	-
右側 2 格	0	0	0	1	1	2	2	-

註：風向由左至右，每一級的風速 A_i 為最大風速與最小風速的四捨五入平均值

2. 離防風模型不同距離時的風速衰減率

表格 六 受風區域各測點在風阻裝置時的風速級數衰減值

距離 cm	10	20	30	40	50	60	70	80
左側 2 格		1	1	0.33	0.5	0.2	0	
左側 1 格		1	0	0	0	0	0.25	0
中央點	1	0.33	-0.5	-0.6	-0.2	0	0	0
右側 1 格		1	0	0.5	0	0.14	0.25	
右側 2 格			0	0	0.5	0.5	0	

註：風向左至右，各點的級數 A_i 與表三級數 A_{10} 的差值除上表三的級數 A_{10} ， $A_i - A_{10} / A_{10}$

二、 防風林之調查資料及現場勘查及影像分析

(一) 將調查地區分成 A~Z1 以及校園 I 與校園南邊的建物區 II 共 29 個地區，如圖四所示，各區塊土地利用情形如下表所示：

表格 七 研究國中附近地區定位及土地利用狀況

編號	特殊標的物與土地利用	編號	特殊標的物與土地利用
I	研究國中校區	II	建物密集，林-8
A	龍福宮後、草生地、林-1	O	校園東側建築建物
B	混和用地.	P	建物
C	耕地	Q	建物
D	林圃-10、草生地	R	埤塘、小水車、林-5
E	磚牆圍籬的區塊、草生地、零星開闊地	S	興元宮、林-6
F	建物	T	耕地
G	菜園	U	菜園
H	建物	V	菜園、草生地、林
I	林-11	W	建物、林-9
J	菜園、林-3、北側有埤塘	X	駕訓班、林
K	草生地	Y	林-7
L	龍智路旁林-4、草生地	Z	高芒草地
M	建物	Z1	耕地
N	龍德公園		

註：防風林簡稱林-代號



圖 四、近研究國中區塊土地利用劃分及其代號

(二) 經衛星影像得知大概的土地利用情況，在依照 GPS 定位找到該地點時地調查是否具有林地，經對林地測量後，再記錄林地之高度、寬度與走向等的詳細基礎資料

表格 八 林地依比例尺的估計值

林地編號	林高(m)	林向	林地描述
1	5	340-160	20m 寬，竹林
2	5	NW-SE	竹林闊葉混和林位在古厝的後側
3	3	340-160	狹長型菜園外圍有兩排平行林，相距約 20m，左側土地抬升約 1m，左側長度 130m
4	5	NW-SE	竹林、九重葛與闊葉木落葉林木
5	3.5	W-E	環繞建-3 北方生長，榕林與芒草構成
6	3.5	340-160	林地在興元宮後側，相思、竹與其他闊葉樹種
7		W-E 及 N-S	W-E 為道路邊矮籬 1.5m，N-S 為 3m
8	3	320-140	竹林
9	3	320-140 260-80	320-140 走向有 25m 與 30m 兩座，260-80 走向 15m
10	3	N-S	35m 寬，竹林
11	3	NW-SE	菜園外圍有兩排平行林，相距約 20m 的竹林位在東北方

註：林向 N 為北 W 為西 S 為南 E 為東

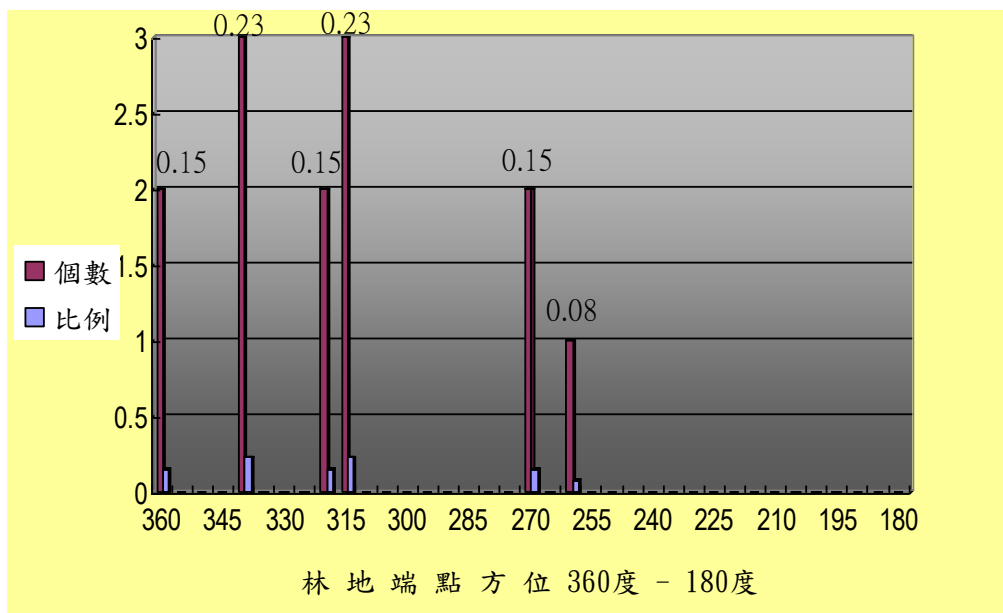
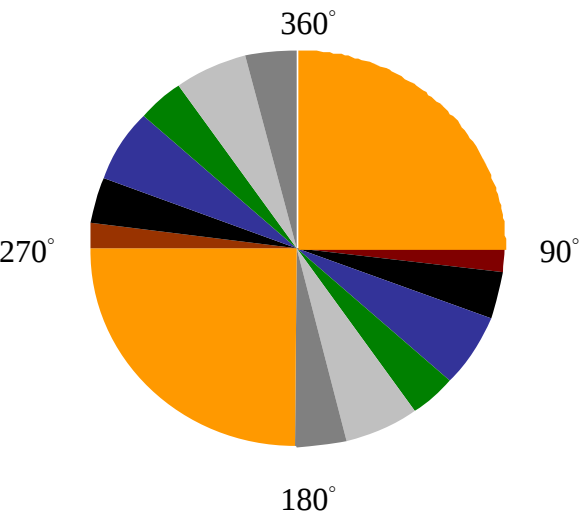


圖 五、研究地區不同方位的林地個數及比例

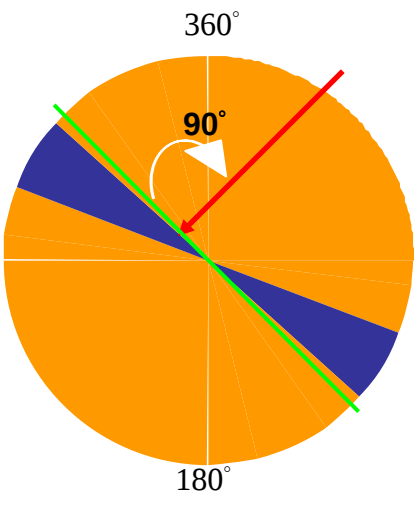
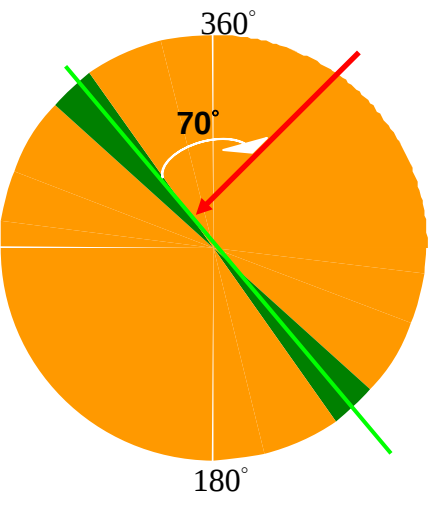
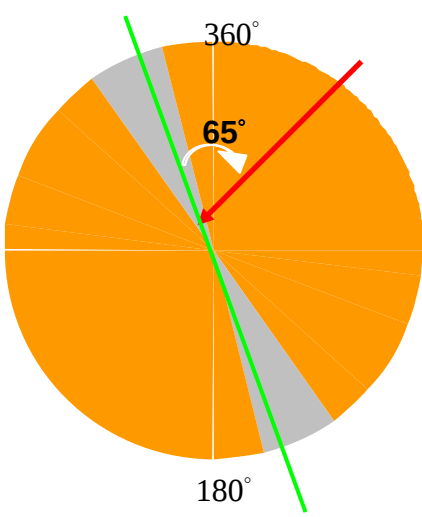
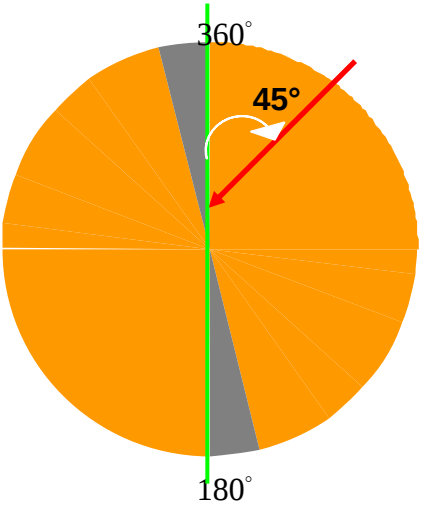
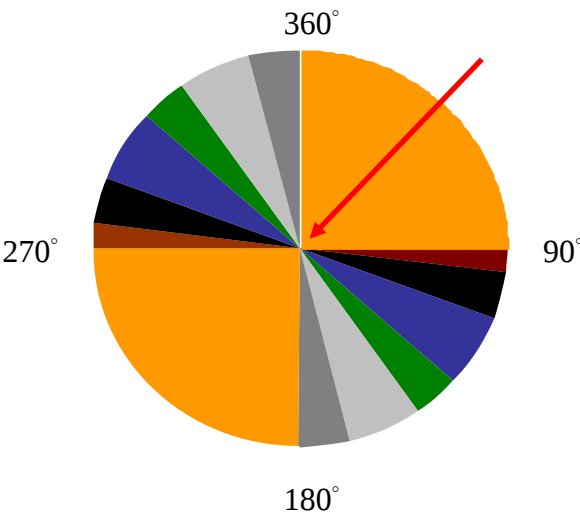
表八顯示，林向為南北至東南到西北走向有 10 座，而為東西走向者只有 3 座，圖五中顯示出此地林地走向只有南北至東西走向，且約有四成的林地與東北季風風向夾角成垂直。至於林地樹種多數為常綠樹種—竹林，有些也混雜其他鄉土樹種，包括構樹、苦楝、相思樹及

榕樹等。林地樹高為 3~5 公尺，寬度則視區塊寬度而定。多數林地為單排林，林-3 及林-11 有平行林，兩林地相距為林高的 6 倍至 7 倍，而林地間的土地利用為菜園。

林地林向比例方位圖



林地林向比例方位圖



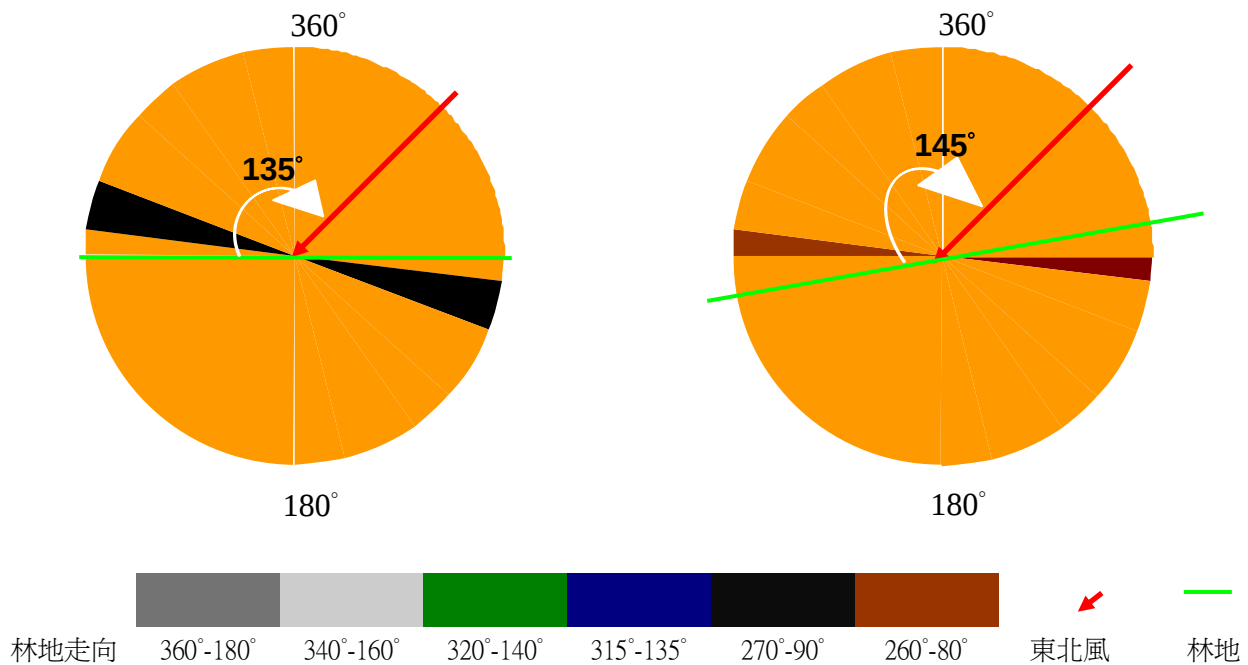


圖 六、研究地區林地比例及方位北風向的夾角

調查發現到林地走向與風向的關係，圖六顯示各林相與東北季風的角度，從南北至東西走向的林地與東北季風的夾角由 45°至 145°，實際林地走向方位約為 315°±45°至 135°±45°的範圍內，若探計林地與風向的最小角度則是在 35°至 90°之間。風向與鄰地互成垂直時，最具防風效果，所以風向為東北風時夾角 70°-90°的林地為最佳防禦林地。然而冬季季風時期主風也常會由東北風轉成北風時，原來風向與林向互為 135°與 145°的夾角林地則是可擔任防禦的重任，東西向及 260°- 80°的林地對北風近乎垂直。

三、 校園風場調查

(一) 選擇教室區以外無門窗建築等室外地點，1, 6 兩側點觀測日期在 2008 年 3 月 5 日，其他 2, 3, 4, 5 四個點的觀測日期為 2008 年 3 月 6 日，測量時間皆為 12:30~13:00，所得的測量風速與風向值記錄如下：

表格 九 研究國中六個觀測點的風速與氣象觀測值

測點	1		2		3		4		5		6	
風向	北轉東北		南轉西		北		東北		東轉東北		北轉東	
風速 m/s	max	min	Max	min	max	min	max	min	max	min	max	Min
第一次	5.7	1.1	0.0	0.0	2.8	0.0	5.6	2.2	0.6	0.0	5.8	2.6
第二次	5.1	1.5	0.0	0.0	2.0	0.0	5.3	2.2	2.1	0.0	4.9	0.2
第三次	3.2	0.0	1.0	0.0	2.5	0.0	5.0	1.2	1.9	0.0	6.1	1.3
第四次	5.2	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	6.9	2.2
第五次	5.3	2.1	-	-	-	-	-	-	-	-	6.0	1.7
平均風速	5.3	1.3	0.0	0.0	2.4	0.0	5.3	1.9	2.0	0.0	5.9	2.0

(二) 收集中央大學氣象站與中央氣象局具有公信力的客觀氣象資料，作為比較校園測點風速風向值的基礎

表格 十 桃園縣中壢區中央大學觀測坪 10m 塔的氣象資料

日期	時間	風速	風向	溫度	溼度	氣壓
2008/3/5	12:00	4.657	66.86	18.86	47.52	1007.4
2008/3/5	13:00	3.311	53.54	19.00	49.53	1006.5
2008/3/6	12:00	3.213	3.351	22.07	53.60	1006.3
2008/3/6	13:00	0.769	36.10	22.23	50.53	1005.5

資料來源：中央大學 大氣邊界層暨空氣污染實驗室

表格 十一 中央氣象局台北觀測站的氣象資料

日期	時間	風速	風向	溫度	溼度	氣壓
2008/3/5	12:00	4.3	東北東	19.5	47	1023.8
2008/3/5	13:00	6.2	東北東	19.4	48	1023.3
2008/3/6	12:00	3.0	西北	22.9	50	1021.4
2008/3/6	13:00	3.2	東北	23.8	51	1020.4

資料來源：中央氣象局氣候統計網頁

陸、 討論

一、 防風效應實驗結果分析

由結果表二級表四的實驗紀錄可得知有無風阻的時候，最大風速與距離的關係，如下圖所示。

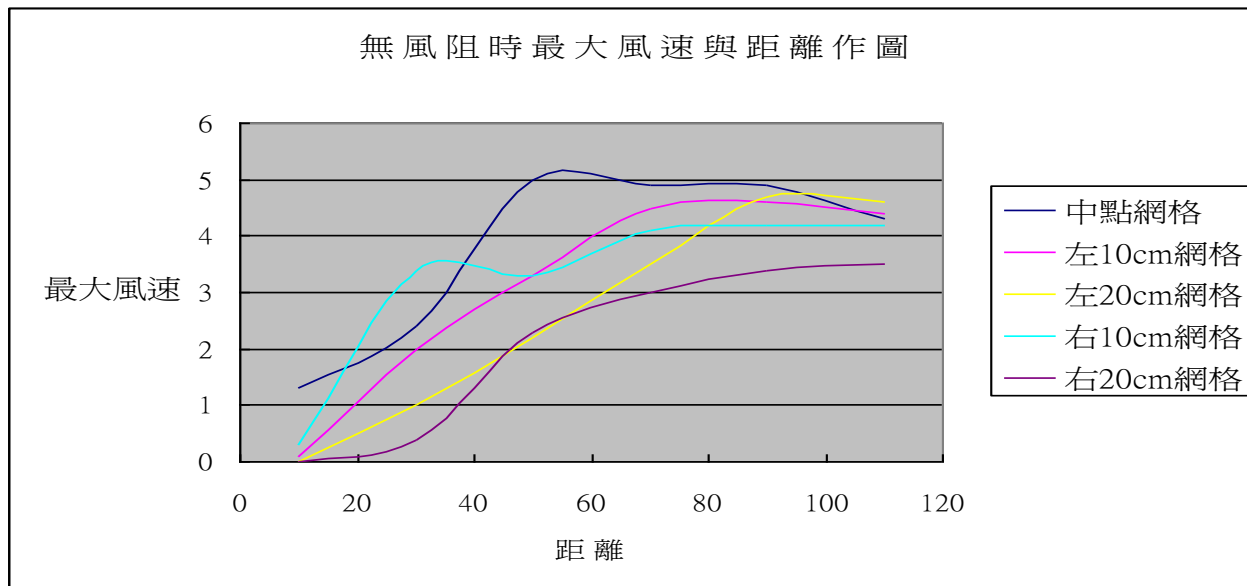


圖 七、無風阻時最大風速與距離作圖

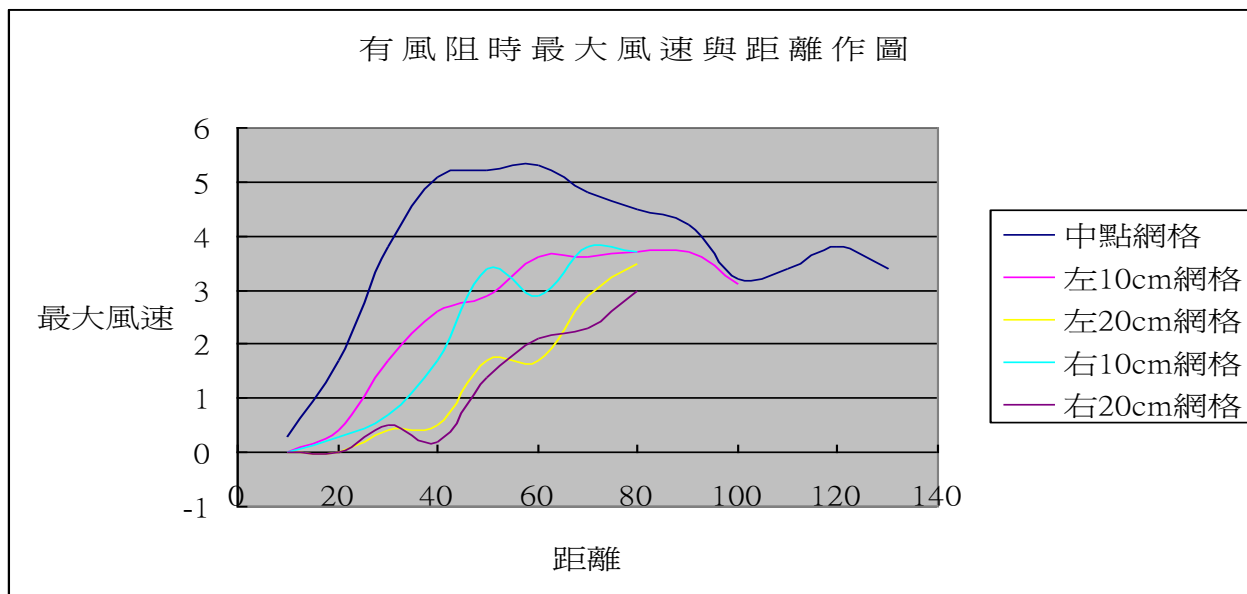


圖 八、有風阻時最大風速與距離作圖

整體來看，無風阻時的最大風速與距離的關係呈現出較平滑的曲線，由於風速計放置位置為水平測量網格的關係，所以近距離時的風速源自於風扇下緣，為風扇的弱風處，所以最

大風速較低，約致 70-80cm 時大致為各網格的風速最高點，之後就漸趨下降，表示風的強度在不受風阻影響情況下會減弱，因此風速會隨著距離越遠也有漸弱的趨勢。

排除風速衰減時的干擾，在有風阻實驗中，除中央區域外，其不論偏左或偏右的其餘各網格區域的距離都以 80cm 為標準。對照圖七及圖八，在此距離中除中央有風阻比較無風阻的平均風速不減反增，左右兩側兩排網格都普遍有減風的情形，但也有某些網格有不受風阻影響的情況。最大風速受風阻的不穩定也可從下圖有風阻時呈現上下震盪較劇烈的情況看出，尤其是中間網格各距離的最大風速上圖為 0-50cm 提升到最高點，而後趨緩至 90cm 後最大風速開始衰減，可是至下圖有風阻時的最大風速前段由 0-40cm 時劇烈爬升很類似，卻在 60cm 急遽下降，至 100cm 時又往上攀升。由 70cm 以後的最大風速與上圖比較之後，風速似乎仍在衰減中，要確定衰減的原因為何？

觀察圖八在其他每個網格所呈現的比較結果，有風阻時的最大風速的最高點似乎都一致性的低於無風阻時的最高點，理論上，風速恢復之後應該有不受風阻影響的水準才是。保守推測可能是電壓因素導致電扇風速在有無風阻的操作時間上呈現不穩的情況，然而推測還需要更進一步的研究與確認。若推測可能成立，則後段的衰減則視為已脫離風阻效應的風速衰減值，反之，則是還在風阻的影響範圍內，猶如理論中風阻除了可影響 6-8 倍的風阻高度，影響最大距離可達 20 倍。

另外在不考慮推測的情況下，以中央測點而言，此實驗可以得知最大風速受風阻影響範圍約可達 6 倍風阻高度的距離。在風阻寬度與其高度的 4.5 倍距離內，平均風速有衰減的情況。而研究國中附近的有些防風林間的距離，也差不多是樹高五倍至六倍的距離，竟然與我們的實驗結果這般類似，這些讓耕地沃土阻擋風蝕及作物避免強風侵襲的林地種植的方式，應該就是我們老祖先早就發揮了科學精神，並留給我們學習的大智慧。

但針對風速不減反增的中央區域，以及風速的不穩定性，可以探討風阻的型態，了解風影響亂流渦流的狀況。地景專家指出，當風經過樹林亂流就會出現在樹林邊緣，當樹林的穿透率越低的樹林，亂流就會越高，而風速經過樹林上端 1.5m，風速會較原風速還要高，且越過風障而繞回來形成亂流，易侵蝕土壤，若是具有順著氣流呈流線型的風阻，則會減少亂流的發生；另外，穿透的孔隙越少，風阻的距離會比孔隙較多者還要短。由於本實驗使用的風速計在逆風的情況下仍舊可測得風速，故於中央區域所得高風速，以及有些網格測不到減低的風速，很可能就是氣流經密不透風而且也非流線型的壁報紙上方再繞回風阻背面所致。

二、 防風林之調查資料與林地價值的訪查與討論

依照圖四與表七級表八等土地基礎資料，以及 GPS 定位點，將都是正值的 XY 直角座標換算成小畫家第三向量 X 為正 Y 為負的相對位置，繪製成圖九。圖中分別標示出研究國中鄰近地區的各種類型的土地利用，主要為廢耕地的草生地、建物地區與菜園及水田耕地等三大類型。



圖 九、研究國中鄰近地區各種不同的土地利用與林地位置

位於校區北方至東方有平坦開闊的草生地以及低矮的平房，也有會產生對於來自北方及東北方的風產生影響的林地或高建地地區。調查發現，菜園、埤塘與耕地附近都一定有林地，否則以平板或廢廣告看板砂網等材料自製風阻，所以，我們透過受訪者進行訪查，以了解使用防風林附近土地使用者對防風林的看法：

受訪居民一：這裡住的很好，很少風很大(防風林附近社區居民)。

受訪菜農一：這竹林(防風林)以前就有了，有一些是苦楝樹(指落葉木)，用來檔北風，這麼矮是因為沒有肥(意指林地沒人照顧，是因他不是地主，受訪者則是租一小塊地來種菜)。

受訪菜農二：我這一區的菜不怕風大。

受訪菜農三：這些相思樹很久了(樹很高約 10m)，但是有什麼用！這些地都是建地(指著他的菜園)，價錢好就賣出去做大樓公寓了。

受訪者對林地的貢獻都相當肯定，可惜的是，其中有兩位對林地的未來似乎很不樂觀，因為他們認為地主的土地利用目標，顯然與他們有落差。在以經濟活動為優先都市計畫中，可以提供優質生活的需求並非只有良好建材的建築物，而可淨化大氣、美化空間並融合人文歷史色彩的綠色的空間，才是促進都市永續發展的關鍵。

都市中林地具有的有形的實質價值，可包括常用鄉土樹種的林木本身的市場價值，隱藏性的價值則包含環境、生態保育、美學、教育及文化歷史價值。除了這麼多的好處之外，都市林也可減少夏天時被都市人所詬病的熱島效應並提供節能的环境。因此，一旦都市林可創造都市經濟活力，必定可使居民具有向心力，重視環境責任與倫理，一致來促進地區和諧與進步。

三、 林地與校園的風速風向的關係與空氣品質環境分析

實驗進行到 2008 年三月份，東北季風已漸趨緩和，難得挑出 3 月 5 日及 6 日兩天高壓旺

盛無雨，進行校園戶外各觀測點的風速與風向測量，再與中央大學及中央氣象局的資料進行比對，並檢視當天氣候的穩定性使得風源持續且穩定，另一方面也查詢是否受天氣系統的其他干擾，再將背景風代入風速衰減模式，檢驗實際測量值與推測值的差異。

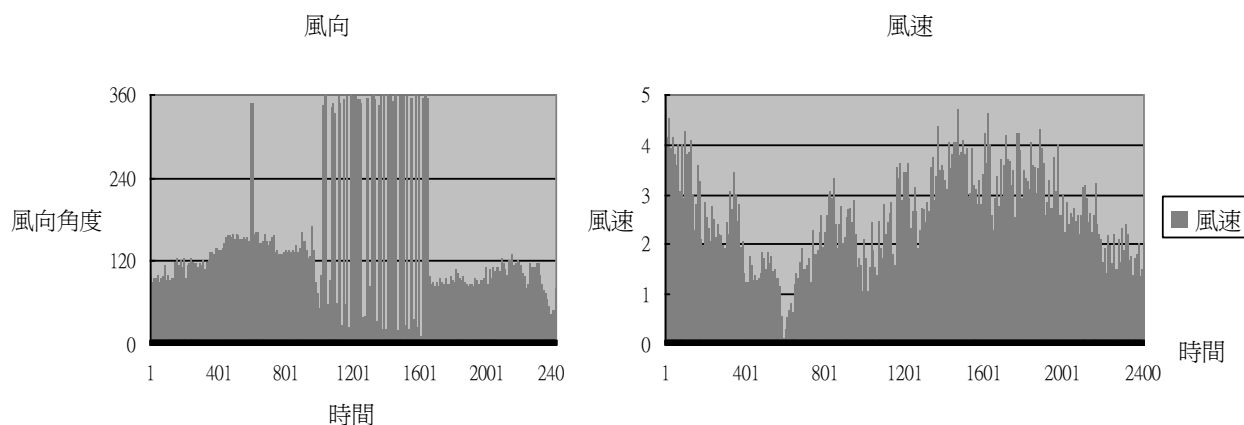


圖 十、2008 年 3 月 6 日風速與風向對時間作圖

由這兩份氣象資料進行分析 3/5 日與 3/6 兩日中壢地區的背景風，必須了解是否風源持續且穩定。以 3 月 6 日為例，這一天風速與風向的變動是相當劇烈的，圖十是來自中央大學空污實驗室的資料，左圖中，風向再早上十點以後至下午風向角度由東南風轉北風，在我們進行觀測開始時的前後一小時，風向也相當不穩定為北轉東的角度，右圖中，風速也有上下 1.5m/s 的落差震盪，因此，要進行比較的背景風，應取觀測時間 12:30 至 13:00 較小時間內的平均值，可能會較接近觀測時的狀況。所以，依據中央大學的資料數據，3/5 日觀測時間的背景風風速風向為 3.85m/s，55.54(約為東北)，3/6 日的風速與風向為 2.09m/s，129.27(約為東南)。考慮風速風向在三月份的觀測值差異頗大，穩定性太低，故本研究只使用與中壢較近地區的氣象站資料。

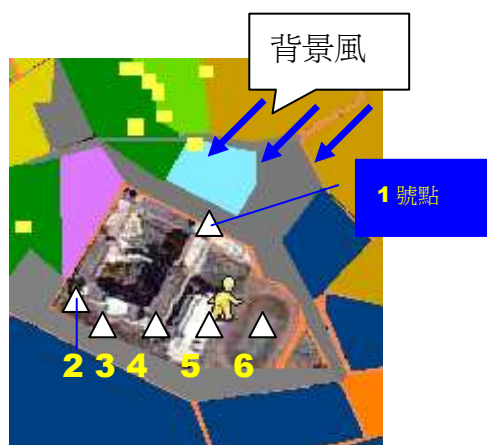


圖 十一、東北風與校園測點示意圖

註：三角型為校園觀測的位置，數字為其編號，藍色的箭頭為背景風

3/5 日測點為 1 號及 6 號，由表九第 1 測點的平均最大風速為 5.3m/s 最小風速為 1.3m/s，第 6 測點最大風速為 5.9m/s 最小風速為 2.0m/s，測點風速最大值高過背景風速的 3.85m/s，若將 1 號及 6 號的風速平均值分別為 3.3m/s 及 4m/s 與背景風就會很接近，但無論是以平均風速或是最大風速來看，這些地區風速的五次測量值中有四次都高於背景風，另外的一次也很接

近背景風，所以，若當時校園為期後與中央大學的背景風相仿時，很顯然這兩個測點是不受風阻而有風速衰減的情形。而以當時風向來看，1 號點與背景風類似，6 號點的風向雖變動較大，但是否受到 P 或 O 區塊建築的影響產生氣流紊亂的渦流狀態，則還有待進一步的確認。

3/6 日測點為 2~5 號，各測點平均最大每秒風速的公尺數分別為 0、2.4、5.3、2.0，平均最小風速除了 4 號測點為 1.9m/s，其他點最小風速都是無風狀態，而 2~5 號風速平均值分別為 0、1.2、3.6、1.0 m/s，除了 4 號點較高之外，顯然在校園的角落也有風速較小而受阻擋的地區。鄰近校園的林地地點如圖十一所示，推測若風向為東北，校園風速會受 S、J 與 R 區塊(見圖十二)中的林地影響，風速會產生衰減，由於只有 R 相對於東北風為垂直風，所以本研究受限於先前的實驗範圍，只能推測 R 區塊上 3.5m 林高往西南推移 6 倍林高，約 21 公尺的距離，但當風往南前進至 10m 處即是校園中的五樓高的教室，若假設風速未能下吹被繼續抬昇，過了教室後 30m 緊接著是學校對面的住宅，理論上在林地寬度以南的地區都是風速衰減地區。



(A)



(B)



(C)

圖 十二、研究地點的林地

(A)有興元宮 S 的區塊 (B)在校園東北側 R 區塊與有平行林的 J 區塊，中央有菜園 (C)也在校園東北側 Q 區塊為矮建物與不連續的林地

實際上，3/5 日吹的風為東北風我們的測點都未在林地寬度內風速衰減區，東北風經 Q 區塊直接入侵校園，當時測量的 1，6 兩點都直接受強風影響。而 3/6 日 2，3，5 三個校園測點雖然風速較小，明顯削弱了背景風而使風受阻擋的現象產生，但是因背景風向為東南風，它來自於校園東南側的建物區塊，而非由林地吹來的風，與實驗假設風須經防風林的假設不符。所以林地風速衰減地區的觀測風速，還需要配合北向或東北向的背景風所得到的觀察值，或是了解建物產生的風阻效應，並將校園內外建築物進行調查後，才能更進一步分析研究。

我們透過校園觀測點的結果，了解到校園中的風，相對背景風來說，確實在有些地點風速較大，至於風速在東北季風的時節中空氣品質對校園內可能有什麼影響呢？

依據環境保護署地方環境網站公佈的空氣污染數據顯示，民國 96 年 3 月至 97 年 3 月期間，桃園地區在 96 年 11 月至隔年 3 月是空氣污染的高峰時期，尤其是懸浮微粒在這期間可達到 $160\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，而中壢與平鎮地居更是可達到 $180\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上，遠超過具有工業區的觀音、大園地區。環境學家指出懸浮微粒可攜帶重金屬與致癌的污染物，附著在其凹凸不平的表面

上，在人類的鼻腔中只可過濾 $10\mu\text{ m}^3$ 以上的微粒，而較小的微粒就會被吸入支氣管及肺部的呼吸道中，一旦侵入呼吸系統就難以去除。更有有研究顯示長期居住在高濃度的懸浮微粒環境中，會傷害呼吸道，嚴重時還會引發心肺疾病。而我們居住在南桃園高污染的都市中，是應該要有積極的作為，且勿讓我們的身體受環境污染而惡化下去！在校園四週有些林地與建築的確可以為校園的人們身體做好把關，幫我們擋下令人擔心的風！但是沒有風阻的地點風還是有機可趁，貫穿校園建築橫掃肆虐。

這項研究讓我們警覺意識到平常習以為常的環境與我們的健康是息息相關，不僅如此，同時也要重視這些屬於爺爺級的樹林，希望能夠保留桃園縣特有的文化景觀，讓我們世代都會了解先民珍惜土地的聰明智慧，作為我們學習效法的最佳典範。

柒、 結論

一、 實驗室的風組裝置結論為：

風阻實驗裝置模型實驗結果得知，中央測點的最大風速受風阻影響範圍約可達 6 倍風阻高度的距離；以風阻寬度為限，以中央網格為居中的左右各 20cm 網格中，在風阻高度的 4.5 倍距離內，平均風速有衰減的情況。

二、 研究地點調查所得結論為：

鄰近研究國中地區主要為草生地、建物地區與菜園及水田耕地等三大類型。而林地風阻，在研究地點中的防風林共有 11 座，有雙排林的林地相鄰 6~7 倍樹高，調查林向皆在 $315^\circ\pm 45^\circ$ 至 $135^\circ\pm 45^\circ$ 的範圍內，北風及東北風對於些走向的林地近乎成垂直夾角，當風向為東北及北向時影響研究國中校園的林地有 3 座，經由訪查證實了防風林對人們的農作物及生品質的價值。由於受天候限制，無法證實來自北或東北向的風，經由垂直林地後吹拂至校園的風速衰減率，但另一方面，從觀測期間的實際觀測值，我們還是可以區分校園中風的強弱的地區，2，3，5 三個測點在吹東南風時，確實風速較弱，但另外的一些測點如 1，4，6，當風向為東北及東南風時，風速顯示都屬校園中較強的地區，學生處在高濃度的懸浮微粒污染環境，以及缺少防風林庇蔭的狀況下，學生對於呼吸道的保健，實在不能輕乎。

捌、 參考資料

戚啓勳，民 90。大氣科學。大中國圖書，台北市。

李國忠，民 92。為都市注入活力的魔法師—都市林。科學發展，366 期，行政院國家科學委員會，台北市。

張上鎮，民 92。傑出的「生物化學家」—台灣的鄉土林木。科學發展，366 期，行政院國家科學委員會，台北市。

劉坤松、張智峯，民 96。環境地球科學概論。新文京開發，台北縣。

中央大學，民 97。中央大學氣象觀測坪 10m 塔資料，中央大學大氣邊界層暨空氣污染實驗室。

中央大學即時氣象資訊網。<http://pblap.atm.ncu.edu.tw/ncucwb/>

中央氣象局，民 97。氣候統計，台北觀測站每月氣象資料，中央氣象局全球資訊網。

<http://www.cwb.gov.tw/>

環境保護署，民 97，地方環境網，桃園縣空氣品質網頁。

http://edb.epa.gov.tw/localenvdb/Taoyuan_county/index.htm

【評語】 031728

優點：

本研究之主題具鄉土性，對周遭環境表達關心。實驗設計與實驗方法有切合主題。圖表設計頗為用心。

缺點：

未將實驗室內的數據與實際防風林之調查作詳細的比較與討論。

建議改進事項：

- 1.針對上述之缺點改進，加強實驗數據與實境調查結果之比較。
- 2.報告書中的結論處應加入第 3 點討論之結果。