

玉山風口碎石坡觀測實驗

劉明揚 李台軍

一、前言

台灣最高峯—玉山，對於喜愛登山人士是一個很誘惑的名詞，為欲登百岳者所必經之過程。風口碎石坡位於 $121^{\circ}57' E$ ， $23^{\circ}28' N$ ，隸屬玉山山脈，為攀登北峯必經之道。當我們自北峯中央氣象局玉山氣象測站，向前眺望有如八字形，左側為聳立雲霄之主峯，右側為峭壁岩石（如圖一），風口碎石坡之坡度約 $60 \sim 70^{\circ}$ ，總長度約365公尺。由於竟日為狂風所吹襲，攀登其間，險象環生，尤以隆冬，坡面積雪，欄桿結有霧凇之時，更形險惡。歷年來攀登北峯於此遭遇意外而傷亡者，累有所聞。

內政部營建署目前正積極規劃玉山國家公園，相信將來國家公園規劃完成，交通便捷，安全性提高以後，必將吸引更多中外人士前往攀登，登山安全將更為大家所重視。

北峯之奇險地形為造成登山意外事件之因素，惟一般公認氣象條件為造成北風口意外之主要原因，尤以風大之時更易造成意外，是以本觀測實驗之

目的，係在風口碎石坡選定特定地點，在特定時間進行北峯風口氣象要素（風、氣溫及氣壓）之觀測，期能對風口碎石坡之風、氣溫及氣壓，作初步之分析，提供登山安全及安全規劃與建設之參考。

二、觀測地點與使用儀器

欲了解一地區之氣象變化情形，所採用之方法，以基本資料之蒐集與觀測最可靠，而且觀測蒐集之時間愈長，觀測地點愈多，分佈適中，所獲致之結果愈佳。本實驗最終之目的，雖在了解風口碎石坡的氣象情形，惟因受人力、物力之影響，無法作較長時間之觀測，僅選擇特定日期、地點及較重要之氣象要素實施觀測。本實驗先後實施四次觀測，觀測使用之儀器、地點及時間如下：

(一)觀測地點

前面提及，本實驗之目的在初步了解與分析風口碎石坡上，最可能發生危險坡段之氣象情形，所以地點之選擇係針對風速最大及危險性較高之坡段作為優先考慮之條件，而非以較具代表性之條件來選定。

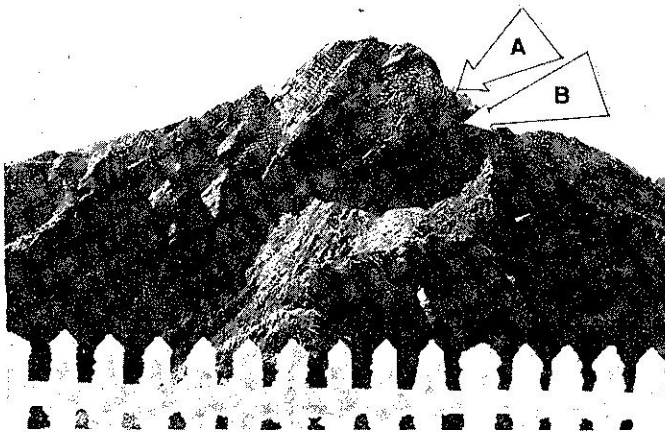
依據本項原則，經中央氣象局科技中心執行秘書王時鼎於74年4月及本人等74年12月兩次實地勘察後，選定A、B兩點實施觀測。A點在碎石坡之最高點標高3850公尺，B點距A點三分之一坡段之地方標高3840公尺。（A、B點之位置如圖一箭頭所示）。

(二)使用儀器

本觀測實驗觀測之項目為氣溫，氣壓及風等，所以使用之儀器如下：

1 水銀溫度計：使用經檢定後之雙管式水銀溫度計，精確度 $\pm 0.1^{\circ}C$ 。

2 空盒氣壓儀：使用經檢定後之微氣壓儀，有自



圖一 自玉山測站遠眺風口碎石坡。

記鐘之裝置，可將氣壓之變化隨時記錄於自記紙上，精確度 $\pm 0.5\text{mb}$ ，每次觀測前並利用玉山測站之福丁式水銀氣壓計作比較校驗。

3. 手提式風向風速計：使用日製OTA出品之手提式風向風速計，主要觀測平均風速及風向，惟因本項儀器在風速超過 30m/s 時誤差很大，所以僅於第一次觀測時使用，但風向之部分因不受影響，仍然使用本項儀器。
4. 三杯風速計：在第二次以後之觀測使用，主要測定平均風速，並可利用另裝置連接之電接計數器作較長時間之觀測。
5. 熱線風速計：為了解風口碎石坡之瞬間風速及瞬間最大風速與平均風速間之關係，於最後兩次觀測附加瞬間最大風速之觀測，惟因本項儀器可觀測之最大風速為 40m/s ，超過 40m/s 即無法觀測出，所以本項資料僅於 40m/s 以下之風速方為可靠。

(二) 觀測時間

由於風口碎石坡於冬半年發生意外之頻率最多，所以本觀測實驗之時間以冬半年為主，選在東北季風盛行前後為之，其時間為：

第一次：73年12月12日上午10~11時，本
次主要為觀測地點之勘察及氣流場之分析，
本日在蒙古東部有一 1036mb 高氣壓
向東南東緩慢移動，本省受微弱東北季風
之影響。

第二次：73年12月26日 14~16時；

73年12月27日 09~11時；

73年12月28日 09~13時；

73年12月29日 13~15時；

73年12月30日 09~12時；

73年12月31日 09~11時；

本次連續觀測六天，天氣型態於26日時
高氣壓 1046mb 在蒙古中部向東南緩慢
移動，本省受大陸冷氣團之影響，27，
28日高氣壓繼續增強，中心氣壓 1069
 mb ，29日高氣壓開始分裂，30日分
裂高氣壓在浙江省向東移動，31日高氣

壓出海。本次實驗開始觀測自大陸高氣壓
發展、增強、分裂，而於高氣壓出海後終
止，以分析高氣壓發展與風速之關係。

第三次：74年1月15日，本日高氣壓已分裂東
移出海，本次實驗因部分儀器故障僅實施
一天。

第四次：74年1月24日 13~17時；

74年1月25日 10~16時；

本次觀測實施二天，亦因儀器受冰凍故障
而終止，天氣型態於24日時滯留鋒起自
福建省至廣西省，高氣壓在蒙古北部向東
南東移動，本省受鋒面之影響，25日高
氣壓分裂在安徽省向東南東移動，本省受
東北季風之影響。

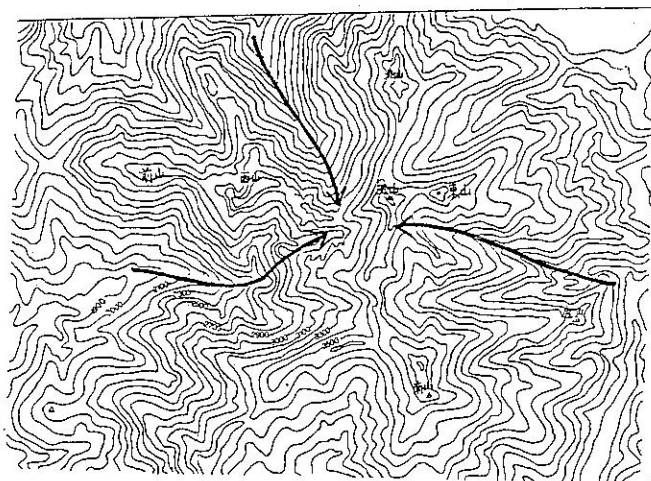
三、觀測結果與討論

(一) 觀測結果

根據四次之觀測，結果如表一，由表中發現在
任何時間風口碎石坡的風向皆為南南東風或東南風
系統，風速亦較北峯玉山測站為大，且在A點之風
速較B點為大，溫度在A點約較北峯低約 1°C 左
右，B點約低 5°C 左右，氣壓曲線之變化則受風
速所左右，當風速愈大時，氣壓曲線之振幅愈大，
至於陣風與平均風速間之關係，因陣風所實施的觀
測次數不多，數據不足，難以下定論，經初步分析
結果，其比值約在 $1.2\sim 2.4$ 倍間。變化很大。

(二) 討論

玉山主峯附近之地形如圖二，風口碎石坡位於
玉山主峯西側與北山間稜線的最南端頂，稜線西側
為沙里仙溪縱谷，在主峯與西山所連接之稜線南側
為另一縱谷，而主峯與東山所連接之稜線南側形成
另一縱谷，兩縱谷為主峯與南山間之稜線所分隔，
根據觀察風口碎石坡氣流之流向，主要由沿此三縱
谷而入之氣流匯合後，自風口碎石坡之頂端流向底
部，（風口碎石坡之氣流場如圖二粗線之方向），
因風口碎石坡之地形為略朝北之八字形狀，在南端
之頂部最窄，漸向北端之底部逐漸寬廣，所以其風
向盛吹南風或東南風。



圖二 玉山主峯附近地形

風速之變化可依 Bernoulli's Equation 分析，其式為：

$$\frac{P}{\rho} + gZ + \frac{v^2}{2} = \text{const}$$

此之 P 為流體之壓力， ρ 為流體密度， g 為重力場強度， Z 為高度， v 為流體之流速。如流體為空氣時，由上式知，風速為地形寬度及高度之函數，即在最窄的地方最大，漸向寬廣處減弱，依風口碎石坡之地形分析，在最頂部之風速應最大，但如考慮高度之因素時，高度愈低風速應愈大，愈高風速愈小，由風口碎石坡之地形知，在最寬之地方其高度最低，最窄之地方高度最高，故高度與寬度兩因素對風口碎石坡風速之影響正好相異，然因寬窄之比值較高度變化之比值為大，所以在愈寬的地方風速應愈小，愈窄的地方風速愈大，即在最頂端風速最大，最底部風速最小，根據觀測結果，顯示在最頂端 A 點之風速較三分之一處 B 點為大，正好與前面之分析吻合。

又北峯玉山測站位於山頂，無地形擠壓之影響，依 Bernoulli's Equation 分析，其風速應較小，根據觀測資料，證明玉山測站之平均風速確實遠較風口碎石坡為小，經分析 A 點之平均風速約為玉山測站之 2.46 倍， B 點約為玉山測站之 2.14 倍（如圖三），惟因本觀測實驗之時間皆在白天實施，於夜間時可能尚需考慮山風之影響，即在夜間時 A 、 B 兩點之平均風速受山風之影響增強，所以其

倍數應較白天為大。

另風口碎石坡 A 、 B 點之高度與北峯玉山測站之高度相差無幾，然 A 、 B 兩點之溫度却較玉山測站為低，主要係玉山測站位於北峯山頂，白天直接受太陽輻射增溫，而風口碎石坡之東邊受玉山主峯，西邊受部分小岩石之遮蔽，太陽僅於中午部分時段可照射到，所以受太陽輻射增溫之量較少，因此造成風口碎石坡之溫度較低，惟在夜間時，因山頂熱之輻散較在山谷為大，所以可能玉山測站之氣溫會較 A 、 B 兩點為低，然因受環境之影響，本觀測實驗未實施夜間之觀測，無法以實際資料來印證。

根據幾次觀測之氣壓記錄分析，發現在 A 、 B 兩點之氣壓曲線於風速愈大時，其振幅愈大，如圖四及圖五，經分析結果，風速在 18 ~ 20 m/s 氣壓之振幅約 4 mb，15 ~ 18 m/s 約 3 mb 之振幅，10 ~ 15 m/s 振幅約 2 mb，7 ~ 10 m/s 約 1 mb 之振幅，7 m/s 以下其振幅約 1 mb 以下，另取振幅最小之 74 年 1 月 24、25 兩日之氣壓記錄（高壓出海，未受移動性氣壓場之影響風速最小）如圖六，七與玉山測站比較，發現 A 點之氣壓較北峯低約 0.5 mb 左右， B 點高約 1.0 mb 左右，而且 A 、 B 兩點氣壓之連續記錄曲線，在 18 時左右有略增之趨勢，而於凌晨 4 時左右之振幅最大，依此可初步推斷風口碎石坡之風速於 18 時左右略增強，而於凌晨 4 時左右最強，其原因可能係山風之影響所致，因山風起於日落時，而於凌晨至 5 時達到最強，當然本推斷仍有待日後之觀測記錄加以印證。

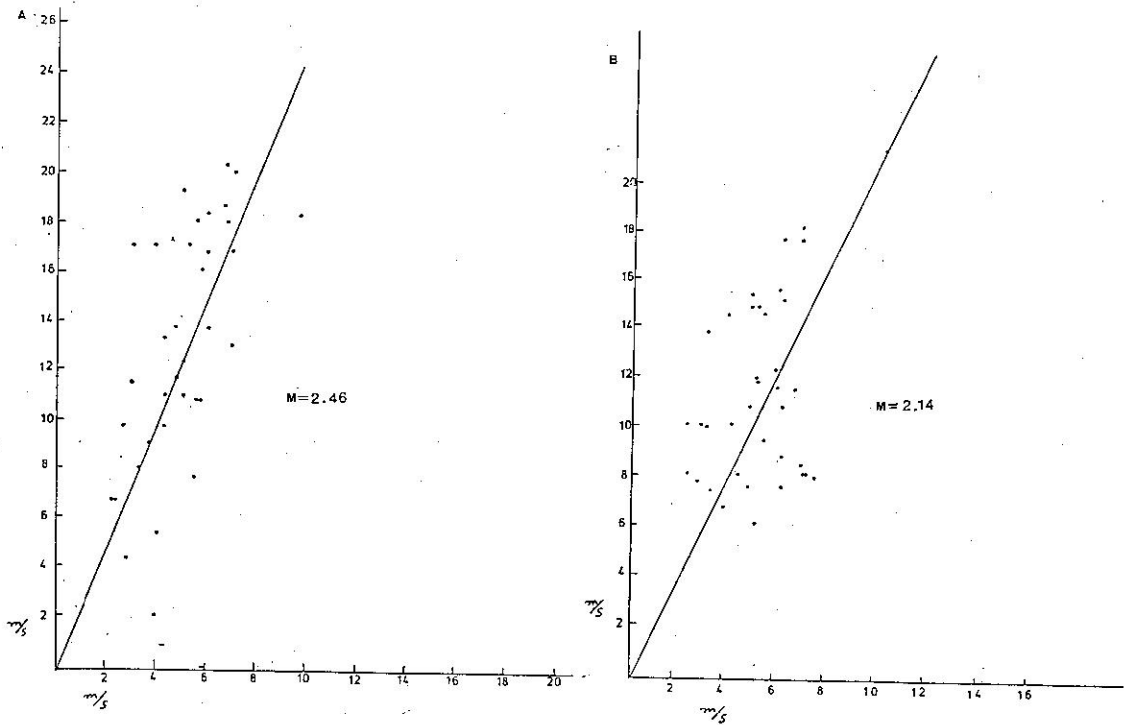
如以第二次觀測實驗（73 年 12 月 26 ~ 31 日）之天氣型態分析，風口碎石坡之風速於高氣壓出海時最小，而於高氣壓增強尚未分裂時風速最強。

四、結 論

1. 風口碎石坡之氣流場主要由沿主峯與東山、西山、南山、北山所分隔之三條縱谷而入之氣流匯合而成，盛行風向為南風至東南風。
2. 風口碎石坡之風速在頂端最大，愈往底部愈小。
3. 風口碎石坡之風速較北峯玉山測站為高，在最頂端 A 點約為玉山測站之 2.46 倍，三分之一處 B

點約為玉山測站之 2.14 倍，而且此倍數在夜間因受山風之影響，所以可能較大。

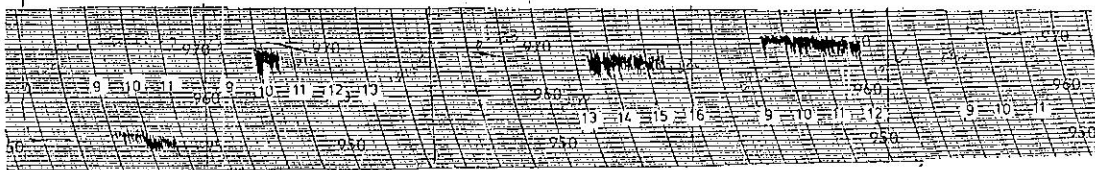
4. 風口碎石坡因受太陽輻射之增溫較小，所以其氣溫較玉山測站為低，在 A 點約低 1°C 左右，B 點約低 5°C 左右。
5. 風口碎石坡之風速受山風之影響，於 18 時左右略增強，而於凌晨 4 時左右最強。
6. 風口碎石坡之風速於高氣壓出海時最小，而於高氣壓增強尚未分裂時最強。



圖三 A、B 點與北峯（玉山測站）風速之關係

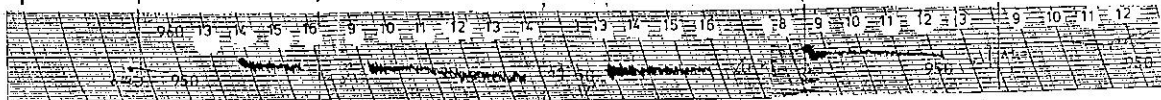
圖四 A點之氣壓觀測紀錄曲線

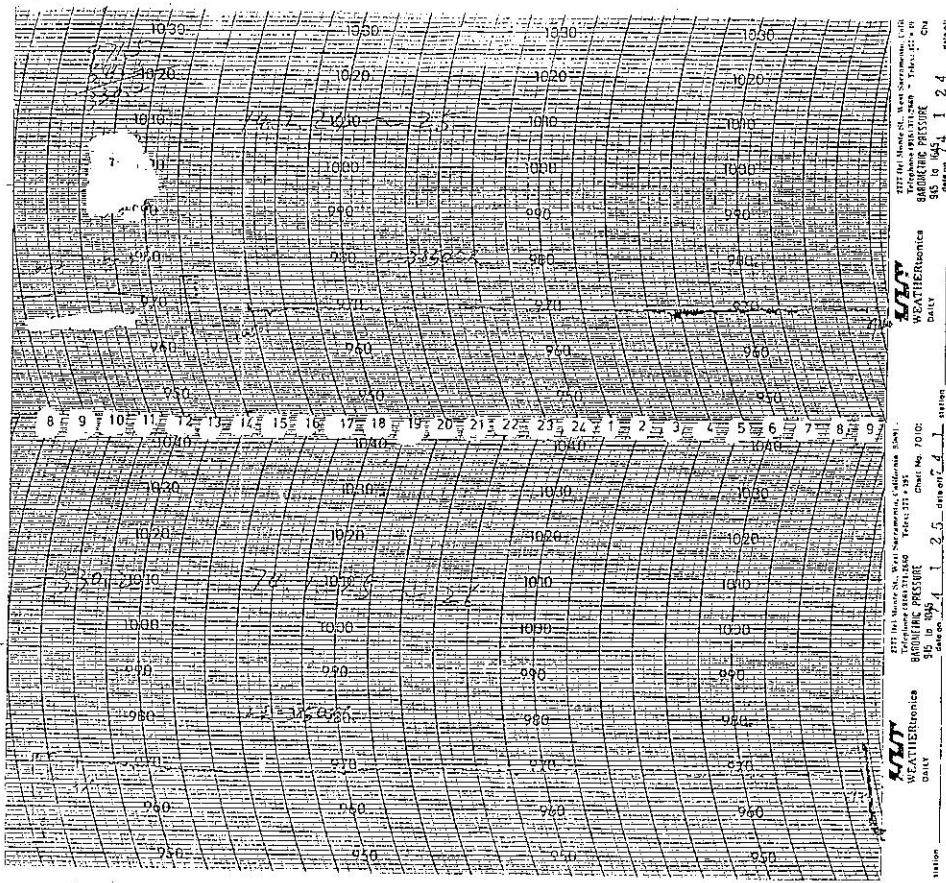
日期	73. 12. 27	73. 12. 28	73. 12. 29	73. 12. 30	73. 12. 31
氣壓振幅	1.5~2.0mb	4.0mb	3.0mb	3.0mb	0.5mb
平均風速	時間風速	時間風速	時間風速	時間風速	時間風速
	09:45	09:00	13:00	09:00 17.0	09:00
	10:00 11.0	10:00 20.3	13:30 9.0	09:30 17.0	09:30 5.3
	10:10 20.0	11:00 13.7	14:00 11.7	10:00 17.0	10:00 4.3
	10:20 19.3	12:00 18.7	14:30 18.3	10:30 16.7	10:30 6.7
	10:30 10.7	13:00 18.3	15:00 18.0	11:00 16.7	11:00 6.7
	10:40 13.0		15:30 9.7	11:30 16.0	
	10:50 18.0			12:00 13.7	



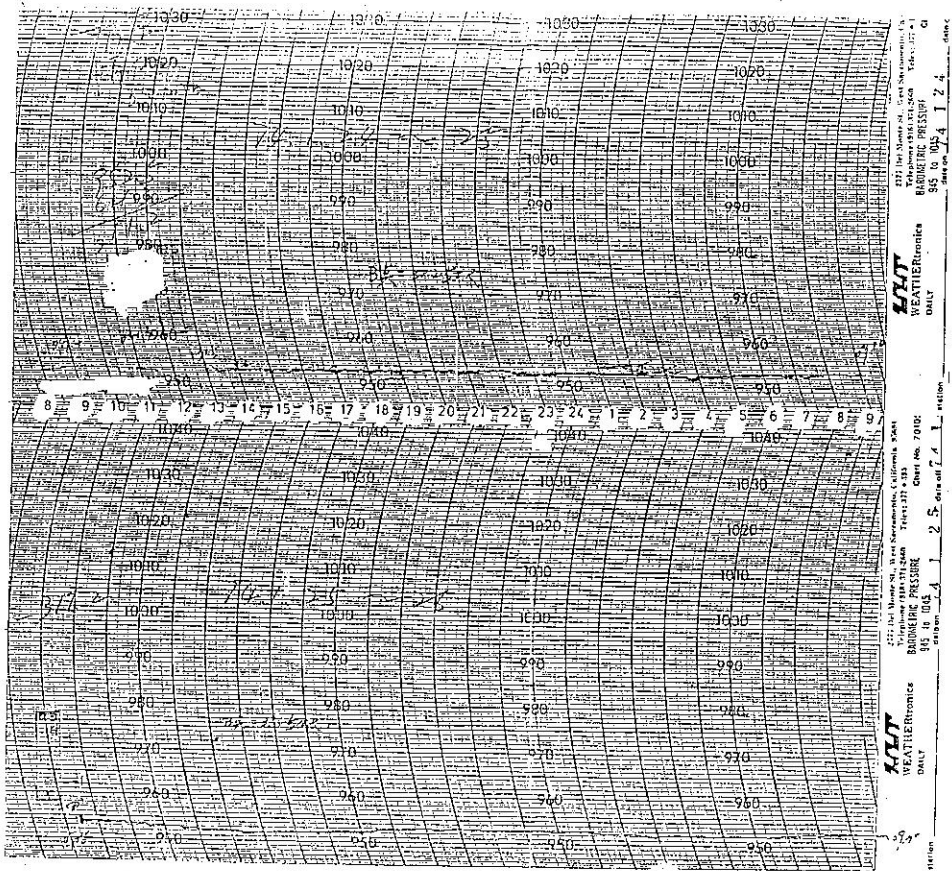
圖五 B點之氣壓觀測紀錄曲線

日期	73. 12. 26	73. 12. 28	73. 12. 29	73. 12. 30	73. 12. 31
氣壓振幅	2.0mb	2.0mb	2.0mb	1.0mb	0.0mb
平均風速	時間風速	時間風速	時間風速	時間風速	時間風速
	14:10 7.8	09:00	13:00 4.3	09:00 14.7	09:00 15.5
	14:20 11.0	10:00 18.2	13:30 7.0	09:30 14.7	09:30 10.3
	14:30 12.0	11:00 17.7	14:00 7.8	10:00 14.0	10:00 10.3
	14:40 8.3	12:00 17.7	14:30 11.0	10:30 15.0	10:30 10.3
	14:50 11.7	13:00 21.3	15:00 8.7	11:00 15.3	11:00 8.3
	15:00 8.2		15:30 8.0	11:30 15.7	
	15:10 11.8			12:00 15.0	





圖六 A點 74年1月24~26日氣壓觀測紀錄



圖七 B點 74年1月24~26日氣壓觀測紀錄

表一 風口碎石坡氣象觀測紀錄

日期	時間	A 點				B 點				玉山測站			備註
		T	W _s	W ₀	陣風	T	W _s	W ₀		T	W _s	W ₀	
73.12.12	10:10					-1.0	36.7	SSE		5.4	4.0	W	-T為氣溫單位。 C, W _s 為平均風速,單位m/s。 W ₀ 為最多風向。
	10:20					-1.0	59.3	"		5.5	3.3	"	
	10:30					-0.5	85.5	"		5.4	3.0	"	
	10:40					-0.4	60.1	"		6.4	3.0	"	
	10:50					-0.3	48.2	"		6.7	2.0	WSW	
	11:00					-0.2	44.8	SE		7.1	2.0	"	
73.12.26	14:10					1.3	7.8	SSE		7.7	6.0	WSW	二73.12.12之平均風速係採用手提風向風速儀測得,是以其值偏大。
	14:20					1.3	11.0	"		7.7	4.7	W	
	14:30					1.8	12.0	"		7.4	5.0	"	
	14:40					1.8	8.3	"		7.2	7.0	"	
	14:50					2.3	11.7	"		7.3	6.5	"	
	15:00					2.3	8.2	"		6.9	7.3	"	
	15:10					1.9	11.8	"		6.6	5.8	"	
	15:20					1.8	12.5	"		6.2	5.7	WSW	
	15:30					2.1	8.3	"		6.0	7.0	"	
73.12.27	09:45	-0.7		SE	28.5					3.5	5.3	WSW	
	10:00	0.7	11.0	"	23.0					3.8	5.0	"	
	10:10	0.4	20.0	"	25.0					4.3	7.0	W	
	10:20	0.8	19.3	"	21.5					3.9	5.0	W	
	10:30	0.7	10.7	"	19.5					4.3	5.7	SW	
	10:40	1.8	13.0	SSE	16.0					4.6	7.0	SW	
	10:50	0.5	18.0	SE	24.5					5.1	5.5	WSW	
73.12.28	09:00					0.7		SSE		2.5	5.7	W	
	10:00	2.7	20.3	SE		0.7	18.2	"		3.9	6.7	"	
	11:00	3.7	13.7	"	32.5	1.9	17.7	SE		5.0	6.0	SW	
	12:00	3.6	18.7	"	OVER 40.0	3.1	17.7	SSE		5.2	6.7	W	
	13:00	1.2	18.3	"		1.9	21.3	"		4.8	9.7	WSW	
73.12.29	13:00					0.4	4.3	SSE		5.0	6.0	W	
	13:30	2.3	9.0	SE		-0.3	7.0	"		5.4	3.7	"	
	14:00	1.9	14.7	"		-0.4	7.8	"		5.2	4.7	SW	
	14:30	2.8	18.3	"		-0.7	11.0	"		5.1	6.0	"	
	15:00	2.4	18.0	"		-0.7	8.7	"		4.9	6.8	"	
	15:30	2.0	9.7	"		-1.1	8.0	"		3.8	2.7	W	

~143~

日期	時間	A 點				B 點				玉山測站			備註
		T	W _s	W ₀	陣風	T	W _s	W ₀		T	W _s	W ₀	
73.12.30	09:00	-2.6	17.0	SE		-3.9	14.7	SSE		0.9	5.2	WSW	本日有霧漲所以風速無法觀測
	09:30	-3.0	17.0	"		-3.9	14.7	"		1.2	3.8	"	
	10:00	-3.7	17.0	"		-4.1	14.0	"		-0.3	3.0	W	
	10:30	-3.6	16.7	"		-3.9	15.0	SE		-0.1	5.0	"	
	11:00	-3.3	16.7	"		-3.5	15.3	SSE		0.0	6.0	"	
	11:30	-3.3	16.0	"		-3.5	15.7	"		-0.6	5.8	"	
	12:00	-3.0	13.7	"		-3.5	15.0	"		-0.9	4.7	"	
73.12.31	09:00					-1.2	15.5	SE		0.1	4.7	W	
	09:30	-1.0	5.3	SSE		-0.9	10.3	"		0.4	4.0	WSW	
	10:00	-0.6	4.3	SE		-1.3	10.3	SSE		2.6	2.8	"	
	10:30	4.6	6.7	"		-0.5	10.3	"		4.2	2.2	SW	
	11:00	5.8	6.7	"		0.1	8.3	"		4.5	2.3	WSW	
74.1.24	13:30					3.2	12.1	SSE		7.8	5.0	SW	
	14:00	1.9		SE		2.9	9.0	"		7.7	6.0	"	
	14:30	1.2		"		1.9	9.7	"		7.7	5.3	"	
	15:00	1.5		"	21.0	1.2	故	SE	18.5	7.2	5.0	"	
	15:30	6.0	12.3	"	21.5	2.1		SSE	18.5	6.4	5.0	"	
	16:00	6.8	11.0	SSE	16.0	3.4		"	10.0	6.2	4.3	"	
	16:30	4.9	8.0	SE		2.7	陣	"		6.0	3.3	"	
	17:00	4.3	13.3	"		3.3		"		4.8	4.3	SSW	
74.1.25	10:00	-1.3	11.5	SE		-1.5	10.2	SSE		-1.1	3.0	W	
	10:30	-0.7	10.7	"		-1.2	故	"		-0.9	5.7	WNW	
	15:00	-1.0	2.0	"		-1.0	陣	SE		-0.7	4.0	WSW	
	15:30	-1.5	7.7	"		-1.2	6.3	SSE		-0.7	5.0	"	
	16:00	-1.1	9.7	"		-0.9	8.2	"		-0.7	4.3	W	
74.1.26	09:45	-1.0		SE		-1.0		SSE		-1.4	10.7	W	