



台灣地區氣象資訊對治山防災之意義

文、圖 ■ 蔡文鎬 ■ 漢義工程顧問股份有限公司 副總經理

廖大牛 ■ 漢義工程顧問股份有限公司 顧問

前言

近年世界各地因氣象異常現象而發生山坡地崩塌、地滑、土石流、淹水…等天然災害情形頻仍。其影響所及，莫若於氣溫與降雨因素最為深遠；而氣象家認為地球溫暖化，則為此等現象之元兇，提供重要的說明。

台灣地區氣象之異常，特別是降雨因素，自始即為治山防災工作上最重要的考量，而自百年來，台灣各地屢屢增設氣候觀測站(1139站)，亦即為求彙蒐各類氣象資訊，進而利用分析引為治山防災判斷決策之依據。惟究經年累月的氣象紀錄中，如何有

效應用與分析，實能更真確的、更有效的應用於治山防災之工作輔助，實應有進一步探究之必要。為此，本文擬就台灣地區氣溫之變化與影響所及之各地降雨紀錄，分析氣象變異情況所採行年數進行探究，提供作為治山防災應用之參考。

氣象觀測應行採用年數

氣象記錄各年度之變化，除氣溫及相對濕度較穩定外，其餘因素之變化相當大，就最大降雨量而言，近10年之紀錄如表1，變異係數平均0.46。

表1 近10年各地最大日降雨量

年度	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	平均	Cv
台北 mm/天	113.6	85.5	425.2	225.7	89.0	276.5	176.0	203.3	89.0	118.0	180.2	0.59
台中 mm/天	93.8	90.2	309.0	81.2	121.2	114.4	151.4	269.0	176.1	235.5	164.2	0.49
台南 mm/天	231.0	165.0	226.0	266.0	213.5	138.0	393.5	110.0	79.6	334.5	215.7	0.46
高雄 mm/天	266.0	120.5	470.5	149.0	201.0	221.5	296.0	136.8	94.5	361.0	231.7	0.51
恆春 mm/天	430.5	147.5	235.5	312.0	246.0	339.0	227.0	296.5	341.5	181.5	275.7	0.31
花蓮 mm/天	114.0	89.0	309.5	271.5	142.5	373.0	242.5	428.5	173.5	195.0	233.9	0.48
台東 mm/天	208.5	306.0	297.5	301.5	309.0	463.0	153.0	154.7	234.0	393.5	282.1	0.35

表2 近10年各地年降雨量

地區 \ 年度	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	最大紀錄	最小紀錄	比率
台北 mm/年	1192.5	1346.4	2862.1	2744.0	1958.1	4404.7	2325.0	2253.1	1716.7	2043.7	4404.7	1192.5	1:3.7
台中 mm/年	930.6	1315.6	1981.2	1797.0	1390.4	2177.3	1976.4	1615.7	1376.0	2027.6	2177.3	930.6	1:2.3
台南 mm/年	898.5	1212.1	2106.5	1754.4	2135.2	1846.8	1949.6	1025.8	977.6	2106.5	2135.2	898.5	1:2.4
高雄 mm/年	1326.0	1037.5	2556.5	1569.0	2763.6	2433.9	2118.4	1107.4	1134.1	2470.0	2763.6	1037.5	1:2.7
恆春 mm/年	1881.5	1613.9	2494.6	2327.1	3100.0	2650.3	1866.0	1400.5	2099.0	1651.4	3100.0	1400.5	1:2.2
花蓮 mm/年	1348.5	1062.3	2568.5	2460.5	1677.0	3557.5	1505.5	2707.5	2181.9	1997.5	3557.5	1062.3	1:3.3
台東 mm/年	1674.1	1560.6	1933.1	2105.7	2107.2	2418.9	1191.8	1707.9	1742.9	1807.3	2418.9	1191.8	1:2.0

表3 全島各氣象站最大日降雨量平均之統計量

資料年數 (2003年起)	10年	20年	30年	40年	50年	60年	70年	80年	90年	100年
平均最大日降雨量 mm/天	213.35	206.14	195.75	197.10	199.15	199.92	198.82	196.62	194.45	192.61
標準差 mm	54.30	54.24	42.35	33.75	30.39	30.63	33.89	32.62	31.71	31.89
變異係數Cv	0.25	0.26	0.22	0.17	0.15	0.15	0.17	0.17	0.16	0.17

至於年降雨量的變化情形則相差2倍以上；請參閱表2。

最大日降雨量與年降雨量在治山防災水理上為很重要的因素，吾人分析氣象資料時，究應採用多少年的觀測數據始屬較合理，在聯合國氣象組織建議平均值採用30年為準。就台北、台中、台南、恆春、澎湖、花蓮、台東、等七個中央氣象局具有100年觀測紀錄（花蓮為93年）之氣象站所測得最大日降雨量之各地平均值，按最近十年、二十

年…一百年求其統計量如表3。

由此可知，平均最大日降雨量自30年間以上的觀測值趨於穩定在196.8mm/天前後，標準差則需有40年以上的觀測值成為較穩定狀態為±32.1mm前後，變異係數0.17，更長期間的觀測統計量改善情形有限。初步結論，建議分析氣象資料所採用之觀測年數，以30年（變域不大之觀測值）至40年（變域大之觀測值）似可符合台灣的實情。



表4 各氣象站回歸年超過機率降雨量推估(根據107年全程紀錄)

地區		台北	台中	台南	恆春	澎湖	曠蓮	台東
超過機率								
%	年	$\bar{X}=159.70$ $S=66.43$ $Cs=1.29$	$\bar{X}=183.60$ $S=88.75$ $Cs=1.83$	$\bar{X}=205.56$ $S=80.98$ $Cs=0.54$	$\bar{X}=233.91$ $S=86.35$ $Cs=0.61$	$\bar{X}=154.09$ $S=82.10$ $Cs=0.97$	$\bar{X}=215.67$ $S=83.76$ $Cs=0.69$	$\bar{X}=216.45$ $S=85.94$ $Cv=1.10$
0.5	200	408.5	551.7	451.8	504.4	440.5	485.3	523.7
1.0	100	373.0	494.2	423.1	471.8	402.2	452.0	481.5
2.0	50	336.8	436.4	392.7	437.6	362.8	417.1	438.6
歷年紀錄		425.2	660.4	443.2	484.3	369.1	465.8	484.0

表5 各氣象站回歸年超過機率降雨量推估(根據最近30年)

地區		台北	台中	台南	恆春	澎湖	曠蓮	台東
超過機率								
%	年	$\bar{X}=163.81$ $S=75.34$ $Cs=1.57$	$\bar{X}=160.06$ $S=63.91$ $Cs=0.55$	$\bar{X}=204.66$ $S=85.58$ $Cs=0.23$	$\bar{X}=235.66$ $S=83.17$ $Cs=0.57$	$\bar{X}=135.60$ $S=67.20$ $Cs=1.54$	$\bar{X}=228.80$ $S=98.26$ $Cs=0.30$	$\bar{X}=248.39$ $S=91.20$ $Cv=0.74$
0.5	200	491.2	360.2	441.1	486.1	398.4	509.4	542.3
1.0	100	442.4	336.1	416.2	454.8	359.4	476.8	505.9
2.0	50	393.1	313.1	389.4	421.9	319.9	446.1	467.9
歷年紀錄		425.2	660.4	443.2	484.3	369.1	465.8	484.0

表6 氣象站回歸年超過機率降雨量推估(根據最近40年)

地區		台北	台中	台南	恆春	澎湖	曠蓮	台東
超過機率								
%	年	$\bar{X}=163.03$ $S=71.19$ $Cs=1.42$	$\bar{X}=164.87$ $S=64.21$ $Cs=0.58$	$\bar{X}=201.36$ $S=80.66$ $Cs=0.54$	$\bar{X}=222.76$ $S=80.66$ $Cs=0.54$	$\bar{X}=154.50$ $S=79.57$ $Cs=1.04$	$\bar{X}=230.38$ $S=89.84$ $Cs=0.29$	$\bar{X}=240.04$ $S=92.16$ $Cv=0.99$
0.5	200	435.5	366.0	423.4	468.0	432.1	487.0	562.0
1.0	100	359.9	341.8	400.1	439.4	395.0	458.9	518.9
2.0	50	355.7	318.7	374.9	409.2	356.8	429.0	474.7
歷年紀錄		425.2	660.4	443.2	484.3	369.1	465.8	484.0

超過機率之最大日降雨量的推估，如以 Pearson III 型分佈推估，倘若使用全程紀錄資料時，或許會有低估之可能性，表4。若以最

近30年或40年觀測資料推定100年回歸年降雨量時，尚分不出兩者間優劣，均為稍有偏低的推估。表5及表6。



(圖片 / 高遠文化)

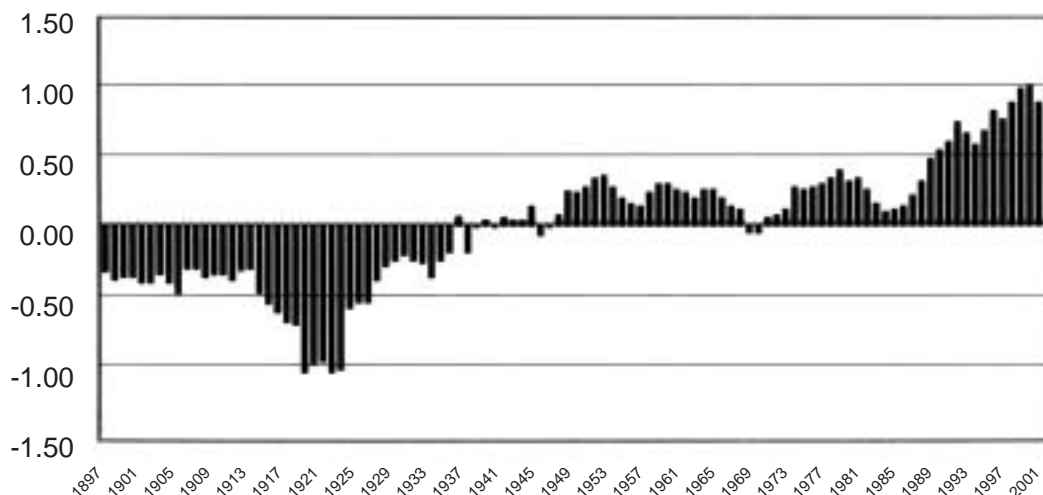


圖1 台灣各年度氣溫對總平均之偏差除表示早期為負偏差後期為正偏差

氣溫變化

台灣本島及澎湖氣象觀測站成立近100年的有，台北、台中、台南、恆春、澎湖（107年）、基隆、台東、花蓮（93年以上），就此等地氣溫之平均值求台灣之氣溫溫暖趨勢為 $T=23.1+0.013(Y-1950)$ 。此等觀測站之總平均氣溫為 23.1°C (Y為西曆年數)。如求各年度的年平均氣溫與總平均之偏差以五項過濾消除雜訊時100年來有 1.0°C 之氣溫升

高，其柱狀圖如圖1即1940年度前後開始負偏差轉正偏差。

溫度變化，各年間的差異不大，表8，就此七個站之平均的總平均如下：每10年可看出稍有升高，最近30年較明顯，但變異係數變化在0.02前後，表7。故引用氣溫觀測之數據有10年至20年認為可得較代表性資訊。最好依聯合國氣象組織定義以30年為準。

表7 台灣七個氣象站氣溫觀測平均值

累積矯測年數	總平均氣溫	變異係數Cv
10	24.1	0.0209
20	23.9	0.0227
30	23.8	0.0222
40	23.7	0.0218
50	23.6	0.0209
60	23.6	0.0215
70	23.5	0.0223
80	23.4	0.0250
90	23.3	0.0271
100	23.3	0.0280





表8 台灣主要氣象站按10年累積平均氣溫平均值差異係數 (Cv)

地點	病測別 項目	10年 病測	20年 病測	30年 病測	40年 病測	50年 病測	60年 病測	70年 病測	80年 病測	90年 病測	100年 病測
台北	\bar{X}	23.1	23.0	22.8	22.7	22.6	22.5	22.4	22.3	22.3	22.20
	Cv	0.0185	0.0212	0.0220	0.0228	0.0225	0.0229	0.0232	0.0246	0.0256	0.0264
台中	\bar{X}	23.6	23.3	23.1	23.0	23.0	22.9	22.9	22.8	22.7	22.60
	Cv	0.0173	0.0212	0.0205	0.0203	0.0201	0.0196	0.0193	0.0210	0.0231	0.0244
台南	\bar{X}	24.9	24.5	24.4	24.2	24.2	24.1	24.0	23.9	23.8	23.70
	Cv	0.0526	0.0448	0.0379	0.0343	0.0318	0.0303	0.0295	0.0307	0.0319	0.0320
恆春	\bar{X}	25.3	25.1	25.1	25.1	25.1	25.0	24.9	24.7	24.5	24.5
	Cv	0.0127	0.0149	0.0138	0.0135	0.0130	0.0140	0.0184	0.0300	0.0363	0.0337
花蓮	\bar{X}	23.6	23.4	23.3	23.2	23.1	23.1	23.0	23.0	22.9	
	Cv	0.0136	0.0166	0.0169	0.0178	0.0179	0.0177	0.0189	0.0208	0.0221	
台東	\bar{X}	24.6	24.6	24.5	24.4	24.3	24.3	24.2	24.1	24.0	23.90
	Cv	0.0118	0.0292	0.0270	0.0259	0.0239	0.0292	0.0290	0.0294	0.0302	0.0297
澎湖	\bar{X}	23.7	23.4	23.4	23.3	23.3	23.3	23.3	23.2	23.1	23.00
	Cv	0.0193	0.0205	0.0175	0.0185	0.0172	0.0174	0.0178	0.0185	0.0205	0.0219

表9 最近30年之平均年降雨量與早期30年之平均值比較

氣象站	變化情形 (mm/年) (4) - 痕3)	開始觀測前期30年 平均降雨量(mm/年) 痕3)	1974至2003年30年 平均降雨量(mm/年) 痕4)	開始病測
基隆	826.1	2893.2 ± 517.6	3719.3 ± 811.9	1903
淡水	51.6	2056.1 ± 515.0	2107.7 ± 494.4	1943
竹子湖	-264.4	4596.8 ± 1031.5	4350.4 ± 1002.8	1947
鞍部	-48.3	4731.8 ± 960.3	4683.5 ± 1065.3	1943
台北	212.6	2118.7 ± 328.3	2330.9 ± 590.0	1897
新竹	121.6	1639.0 ± 450.7	1760.4 ± 425.4	1938
台中	-99.2	1719.5 ± 531.0	1620.3 ± 370.3	1897
日月潭	148.2	2266.2 ± 482.3	2414.4 ± 437.8	1942
阿里山	-501.3	4230.7 ± 812.7	3729.4 ± 829.6	1934
玉山	-291.6	3193.8 ± 670.7	2902.4 ± 645.5	1944
嘉義	-64.0	1728.9 ± 459.0	1664.9 ± 557.9	1969
台南	-26.8	1669.2 ± 426.6	1642.4 ± 526.5	1897
高雄	-45.0	1823.6 ± 463.6	1778.6 ± 594.6	1932
恆春	-114.2	2123.8 ± 375.9	2009.6 ± 546.6	1897
大武	-315.8	2583.3 ± 601.0	2267.5 ± 576.1	1940
花蓮	135.3	1965.2 ± 458.5	2100.5 ± 630.3	1911
台東	114.4	1669.5 ± 426.0	1813.9 ± 527.1	1901
蘭嶼	-55.5	3121.7 ± 593.0	3066.2 ± 552.2	1942
成功	-162.0	2326.0 ± 471.7	2164.0 ± 543	1940
宜蘭	131.6	2628.4 ± 790.1	2760.0 ± 809.0	1936
澎湖	-45.8	968.3 ± 328.6	922.5 ± 274.1	1897
彭佳嶼	173.7	1737.9 ± 669.1	1911.6 ± 425.7	1910

年降雨量變化

各地年降雨量的變化，有增加或減少現象。一般而言，可認為在北部及東部為增加（彭佳嶼、淡水、基隆、台北、新竹、宜蘭、

花蓮、日月潭、台東），西南部及高海拔則減少（鞍部、竹子湖、台中、澎湖、阿里山、玉山、成功、嘉義、台南、高雄、大武、恆春、蘭嶼），表9。如氣象家認為地球溫暖化

可能帶來多雨地區更多雨量，乾燥地區更乾燥的現象有些吻合。

年降水日數與日降水量

年降水日數除日月潭、鞍部外，均減少0.3天至38天之間，表10，即平均減少13.7天／年之降水日數。造成多數地方的下雨天之

平均日降水量增加（鞍部、竹子湖、玉山、大武例外），表11。

年降雨量以年降水日數除之，所得一日降水量多屬增加，平均增加1.9mm／天，但此1.9mm的增加量被2002及2003年乾旱抑低甚多，按該二年間之降水量較往年減少分別為614mm／年及687mm／年。

表10 最近30年之平均年降雨日數與早期30年之平均值比較

氣象站	變化情形 (天/年) (4)-痕3)	開始觀測前期30年 平均降雨日數(天/年) 痕3)	1974至2003年30年 平均降雨日數(天/年) 痕4)	開始病測
基隆	-10.3	212.2 ± 15.9	201.9 ± 18.2	1903
淡水	-0.4	160.7 ± 16.2	160.3 ± 16.0	1943
竹子湖	-0.7	194.6 ± 19.2	193.9 ± 20.4	1947
鞍部	10.9	202.8 ± 18.5	212.9 ± 16.8	1943
台北	-19.1	186.0 ± 15.5	116.9 ± 18.3	1897
新竹	-8.9	137.8 ± 14.3	128.9 ± 18.4	1938
台中	-13.3	127.2 ± 15.8	113.9 ± 15.9	1897
日月潭	6.0	150.5 ± 19.5	156.5 ± 19.1	1942
阿里山	-26.7	193.6 ± 19.3	161.9 ± 21.6	1934
玉山	-0.3	168.5 ± 19.8	155.2 ± 15.3	1944
嘉義	-15.0	111.7 ± 18.3	96.7 ± 14.7	1969
台南	-25.3	107.4 ± 12.4	82.1 ± 20.3	1897
高雄	-13.9	103.9 ± 15.6	90.0 ± 13.6	1932
恆春	-24.3	148.2 ± 21.5	123.9 ± 22.1	1897
大武	-18.4	179.4 ± 16.9	166.0 ± 17.1	1940
花蓮	-38.6	198.4 ± 15.9	159.8 ± 21.7	1911
台東	-25.4	156.1 ± 11.2	130.7 ± 18.6	1901
蘭嶼	-14.0	234.6 ± 21.7	220.6 ± 18.3	1942
成功	-20.7	194.3 ± 18.5	173.6 ± 17.6	1940
宜蘭	-14.0	214.2 ± 14.4	200.2 ± 17.8	1936
澎湖	-16.5	94.0 ± 13.7	77.5 ± 15.2	1897
彭佳嶼	-12	177.8 ± 14.8	165.8 ± 16.1	1910



表11 各氣象站一日下雨之增減情形

氣象站	一日下雨增加雨量 (mm/天)	一日下雨減少雨量 mm/天)
基隆	4.8	
淡水	0.3	
竹子湖		-1.2
鞍部		-1.3
台北	2.5	
新竹	1.7	
台中	0.6	
日月潭	0.4	
阿里山	0.5	
玉山	1.8	
嘉義	0.6	
台南	0.5	
高雄	3.0	
恆春		-0.2
大武	2.2	
花蓮	3.2	
台東	4.5	
蘭嶼	1.9	
成功		-0.3
宜蘭	1.6	
澎湖	1.6	
彭佳嶼	1.7	

Weibull分佈應用於超過機率水 文量

瑞典物理學家Waloddi Weibull (1939) 發現，三參數非負隨機變數X之機率密度函數為：

$$f(X)=\begin{cases} \left(\frac{\beta}{\alpha}\right)\left(\frac{X-v}{\alpha}\right)^{\beta-1} \exp\left\{-\left(\frac{X-v}{\alpha}\right)^{\beta}\right\} & \text{if } X \geq v \\ 0 & \text{if } X < v \end{cases}$$

構成分布族系 (family of distribution) 反應分佈形狀，適用範圍廣，如有長期觀測資料，可忠實呈現分佈模型。其累積分佈為

$$F(X)=\begin{cases} 1 - \exp\left\{-\left(\frac{X-v}{\alpha}\right)^{\beta}\right\} & \text{if } X \geq v \\ 0 & \text{if } X < v \end{cases}$$

式中X=變數

v=位置參數

α = 尺度參數

β = 形狀參數

倘 $\beta \leq 1$ 時為反 J 形分佈

$\beta = 1$ 時成指數分佈

$1 < \beta < 3.1$ 則為正偏態分佈， $E(X-\mu)^3 > 0$

$\beta = 2$ 時為 χ^2 分佈的特殊形Raylei分佈

$\beta \approx 3.6$ 時呈常態分佈

$\beta > 3.6$ 時為負偏態分佈， $E(X-\mu)^3 < 0$

求法較常態分佈簡單，其超過機率為：

$$P(X \geq x) = \exp\left\{-\left(\frac{x-v}{\alpha}\right)^{\beta}\right\}$$

若機率改以重現期(回歸年) $P(X \geq x) = \frac{1}{T}$ 表示時，可得任何重現期之最大水文量

$$X = \left[\sqrt[\beta]{-(\ln T^{-1})} \right] \cdot \alpha + v$$

就台北氣象站107年(1897~2003)之最大日降水量求得其參數為 $v = 72.6\text{mm/天}$ ， $\alpha = 93.6\text{mm/天}$ ， $\beta = 1.32$ (參數求法參考廖大牛，森林資源經營學，國立編譯館p119)。試算不同重現期的超過機率最大日降水量，與其他方法比較如表12。

表12：台北氣象站最大日降雨量推估



(單位:mm/天)

超過機率	年 P(x)	200 0.005	100 0.01	50 0.02	25 0.04	10 0.1
Weibull		403.6	370.2	335.6	299.5	248.6
Pearson III		408.5	373.0	336.8	299.7	248.6
Log-Pearson III		478.6	417.3	361.2	309.5	246.8
Gumbel		403.2	381.2	342.5	303.6	251.8
上四法平均值		423.5	385.4	344.0	303.1	248.9

結語

1. 氣象因子眾多，變化萬端，影響天然災害的發生、生態系多樣性的遷移，因果錯綜複雜。應用時究需引用多少年觀測，可得較適合於用途值得一思。
2. 實地引用時，各地觀測年份不同、資料整理的完整性不同。故所獲得資料之觀測長短不一致，本文試探討其適合代表性之觀測期間為判斷之參考。
3. 地球溫暖化現象在各地帶來異常氣象之出現，颱風、聖嬰現象密集、乾燥地區越乾旱、多雨地區豪雨強烈、降雨日數減少但日雨量增加。防災、農業生產、生態系保全上宜掌握氣象資訊以對應之。
4. 三參數的Weibull分布可代表不同分布模式之氣象現象，值得推行應用。

本文所使用之符號說明

- (1) \bar{X} =平均降水量
 - (2) S=標準差 (standard deviation)
 - (3) Cs=偏態係數 (coefficient of skewness)
 - (4) v =位置參數 (location parameter) 如平均值表示分佈的位置，或Weibull分佈的最小值可決定曲線的位置
 - (5) α = 尺度參數 (scale parameter) 表示測定的尺度如常態分佈之標準差
 - (6) β = 形狀參數 (shape parameter) 表示常態分佈或其他分佈之曲線形狀
 - (7) J 形分佈 反 J 形分佈
- 

- (8) E (表示expectation) 期望值如平均，
 $E(X - \mu)^3$ 即偏差三次方之平均值
 - (9) μ = 集團平均 (population mean) 除普查外抽樣調查時統計上為未知數
 - (10) χ^2 分佈 (chi-square) 統計上卡方檢驗常用之分佈
 - (11) $P(X \geq \chi) =$ 變數X取 χ 或大於 χ 值時之機率。 🎯