

# 傾斗式雨量計檢校技術研發 與系統性誤差之修正



謝黎惠 簡振和 劉格非 馬家麟

中華民國103年9月16日



# 簡報內容

壹

認識傾斗式雨量計

貳

臺大雨量計檢校方法

參

校正報告與分析

肆

結論與建議



雨量捕集

承雨口

外筒

濾網(大)

濾網(小)

緩衝漏斗

計量傾斗

支撐架

軸承

調整鈕

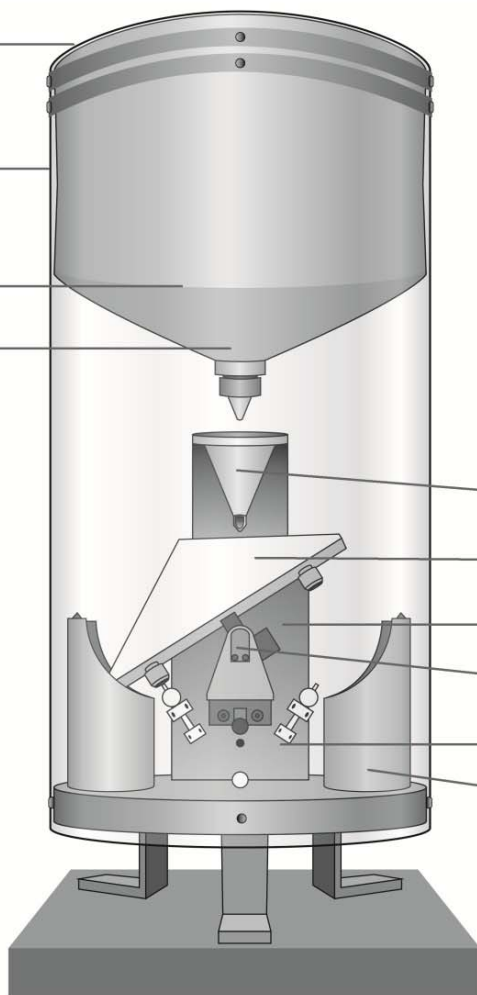
排水筒

計量機制

資料紀錄與傳輸

水平儀

訊號傳輸



# 傾斗式雨量計工作原理

- 由承雨口承接**指定捕集面積**之雨水，通過漏斗經大小濾網過濾，然後注入緩衝傾斗中（避免雨滴終端速度衝擊影響計量）。
- 經緩衝漏斗的雨水再注入下方計量傾斗（接受0.5mm或指定雨量），**當傾斗所承接的雨水達到力矩平衡時，下一刻傾斗即傾倒而排去斗內之雨水，另一端之傾斗翹起接續承接雨水，如同翹翹板。**
- 傾斗中間的軸承末端固定一磁鐵，隨著傾斗翻傾而擺動，其擺動弧線可以觸發附近的**磁簧開關**，因此傾斗每次翻傾，即可產生一個脈衝（pulse），再將此脈衝信號送到紀錄器上，即可紀錄每一指定雨量。



# 傾斗式雨量計低估雨量原因

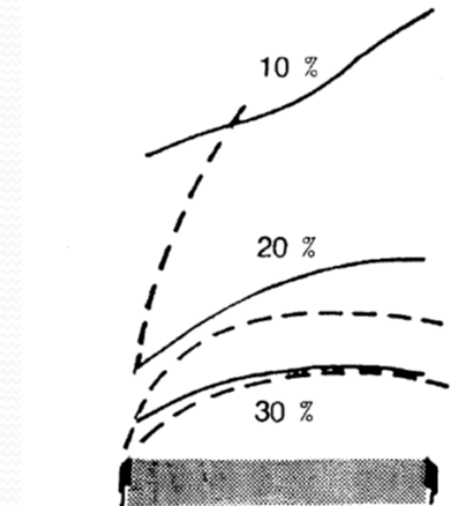
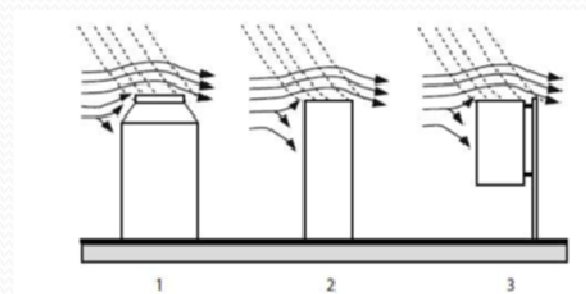
- 捕集率
  - ◆ 遮蔽
  - ◆ 雨量筒造成風場形變
- 計量機制
  - ◆ 儀器本身系統性誤差 → 檢校
- 資料遺失
  - ◆ 資料儲存（接收方法、電力...）
  - ◆ 資料傳輸（GPRS、無線電...）
- 其他：
  - ◆ 雨跡量測不到
  - ◆ 濕潤、蒸發損失
  - ◆ 維護保養（過與不及）...

} 選址、設計

→ 檢校



Figure 2. Diagrams of gauge sites with four different degrees of protection against wind by trees and houses, as taken using a camera with a fish-eye lens through the gauge orifice. Clockwise: open site, partly open site, partly protected site, and protected site



# 現有傾斗式雨量計校正

- 氣象局儀校中心利用**經校正容量之滴定量瓶**(參考標準)來模擬降雨，量瓶水量滴定經過傾斗式雨量計，計算傾斗翻轉次數，待滴定完畢後，再計算傾斗內可能的殘存水量，據此計算傾斗式雨量計量測到的水量(器示值)，進而得到受校雨量計的器差。
- 目前檢驗技術僅限於量測雨量(mm)，至於雨強(mm/h)則為滴定期間之平均值，檢測區間約雨強範圍10~120mm/h，每個受校雨量計**提供3~4組模擬雨強**進行量測。
- 依氣象法規範受校雨量計量測器差需符合 $\pm 3\%$ 公差內，如雨量計經3~4組雨強量測後**其中一組器差超出 $\pm 3\%$** ，即視為不合格、無法使用。

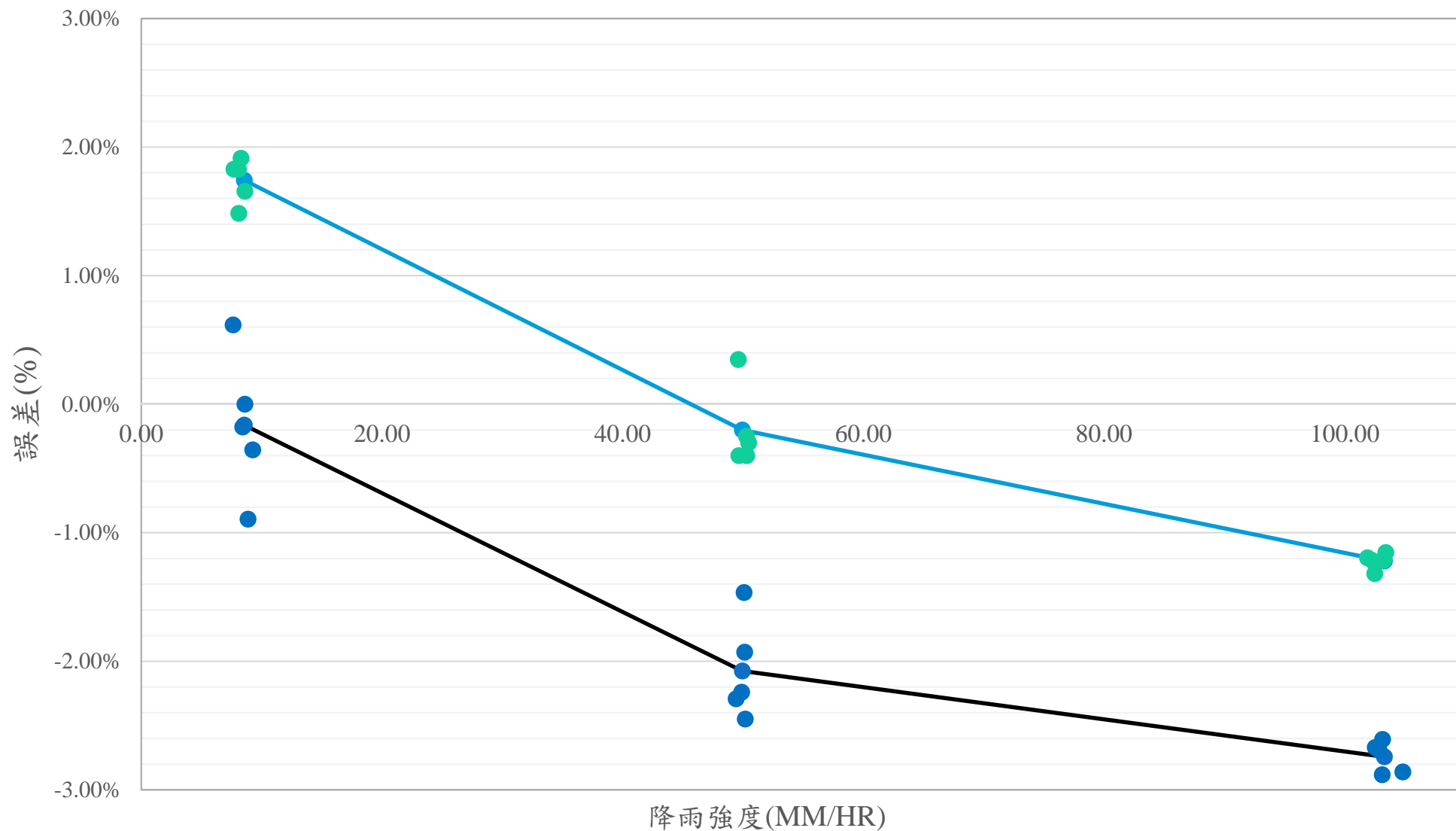
狀況：

- 檢測區間約雨強範圍10~120mm/h，已不敷台灣地區日益頻繁之劇烈天氣。目前僅能透過機械調整控制其器差在規範之 $\pm 3\%$ 公差內，**並未反應真實雨量**；如經調整後仍無法讓檢測雨強範圍的誤差控制在 $\pm 3\%$ 以內，則該雨量計即無法再使用。
- 無可避免的**人工量取殘餘水量**。



# 氣象局測驗前後兩次器差趨勢圖

● 調整前平均值    ● 調整後平均值    ● 調整前五次試驗分布    ● 調整後五次試驗分布



# 臺大傾斗式雨量計校正

- 國立臺灣大學水工試驗所水文量測技術暨服務中心-水文觀測儀器校正實驗室成立背景：台灣近年因受到地球暖化、氣候變遷影響，強降雨事件頻傳，雨量觀測低估情形（逕流係數 $>1$ ）已逐漸對水利工作者在水文分析、水庫防洪操作、洪水預警機制之運作造成困擾。
- 水利署計畫：針對強降雨環境下之水文觀測儀器（其中之一為雨量計）建置檢校環境。
- 本所雨量計檢校已於103年7月通過實驗室全國認證基金會(TAF)認證(TAF 2859)。

※逕流係數：逕流量與降雨量的比值。



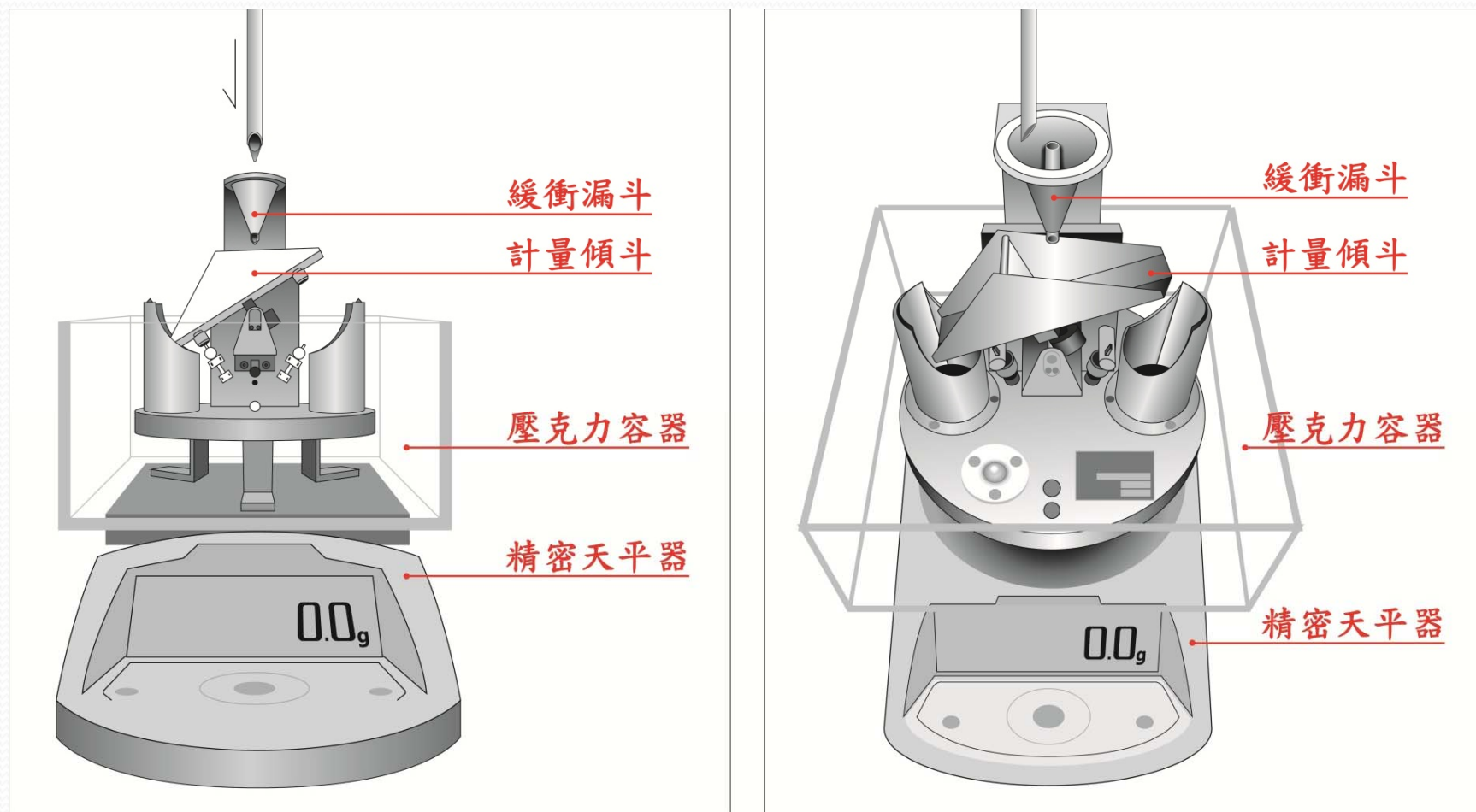


# 降水量與降雨強度

- 降水是從大氣雲層中或從大氣降到地面的液態或固態的水汽凝結物，包括：雨、雹、雪、霽、露、霧、霜.....等形態。「降雨量」係指降落地面的降水總量，依國際氣象組織（World Meteorological Organization, WMO）規範，降水量（液態降水）係以其**儲積量的深度**（亦即降水所覆蓋的水平地表面的垂直深度）來表示（固態降水則用水的當量）。因此，一般降雨觀測通常以毫米（*mm*）為單位。
- 由於降落地面的雨量（深度）與其累積所經驗時間的長短有關，因此觀測及記錄雨量時，習慣以**特定時距**（例如時雨量、日雨量、年雨量）等來表示其**量值大小**，故另以「降雨強度（rainfall intensity, RI）」稱之。因此，降雨強度的單位為單位時間下的深度（例如 $mm/h$ 或 $mm/min$ ）。



# 雨量計檢校布置示意圖



量測：(1)傾斗與傾斗間的時間差(time interval) (2)每傾斗增加的水重(addition)

# 雨強參考標準

- 本實驗室雨量計校驗程序採靜態方法 (Statistic method)，該方法係在實驗室 (環境條件可控制在指定範圍內)，利用供水設備以**穩定之供水流率** (以模擬特定雨強)，將純淨且水溫控制在特定溫度範圍 ( $24^{\circ}\text{C} \pm 4^{\circ}\text{C}$ ) 之水體持續導入雨量計承雨器內，以模擬承雨器捕集雨水狀況。為增加雨量計校驗的可追溯性及降低量測不確定度，本實驗室利用可以追溯準確性 (每年送校TAF認證重量量測實驗室進行校正)、精度1/80000的**電子天平直接量測期距內雨量計實際承受所有水體重量** (以壓克力盒蒐集全部經過雨量計的雨水、並透過電腦軟體讀取每1/10秒的電子天平數據)，經質量體積轉換後，即可十分準確地計算出供水器之流率及模擬雨強 (單位時間的供水量，TAF稱參考標準)。

雨強參考標準值  $RI_{\text{ref}}$  是量測期距  $t_*$  內，承雨器實際捕集水體之總質量  $M$  [g]，再經當時水溫之水體密度  $\rho_*$  [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ] 或  $\rho$  ( $\rho = \rho_*/1000$ ) [ $\text{g}/\text{mm}^3$ ] 換算體積  $V$  [ $\text{cm}^3$ ] 後，再除以承雨器面積  $A$  [ $\text{mm}^2$ ]，即為該時距  $t$  累積之降雨深度  $d$  [mm]。因此，雨強參考值

$$RI_{\text{ref}} = \frac{d}{t} = \frac{\left(\frac{V}{A}\right) \times 1000}{(t_*/3600)} = \left(\frac{M}{\rho_*} \times 1000\right) / (A \times t) = (M/\rho \cdot A \cdot t) \quad [\text{mm}/\text{h}]$$



# 雨強器示值

- 另一方面，利用受校件包括：雨量計分辨力（resolution）、承雨器標稱面積，或計量傾斗之標稱容量（nominal volume）等計量機制構件，量測該計量傾斗（裝載雨水後）翻傾特定次數所需時間，即可計算得到該雨量計之器示雨強。比較雨強器示值與雨強參考值，求得該測試雨量計在不同雨強下的相對器差，用來校驗器示值之準確度。最後，利用雨量計在不同雨強之量測器差，透過回歸運算提出該雨量計系統性誤差之修正方程式，俾讓雨量計之觀測雨量更接近實際降雨量。

雨量計雨強器示值  $RI_m$  係去量測不同分辨力  $r_d$  [mm] 之計量傾斗翻傾定次數  $n$  所需時間  $t_*$  [s] 或  $t$  ( $t = t_*/3600$ ) [h]；

因此，雨強器示值

$$RI_m = n \cdot r_d / (t_*/3600) = n \cdot r_d / t \quad [\text{mm/h}]$$



# 雨強相對器差

以下分析，時間、長度、面積單位分別採小時 [h]、毫米 [mm]、平方毫米  $\text{mm}^2$ ：

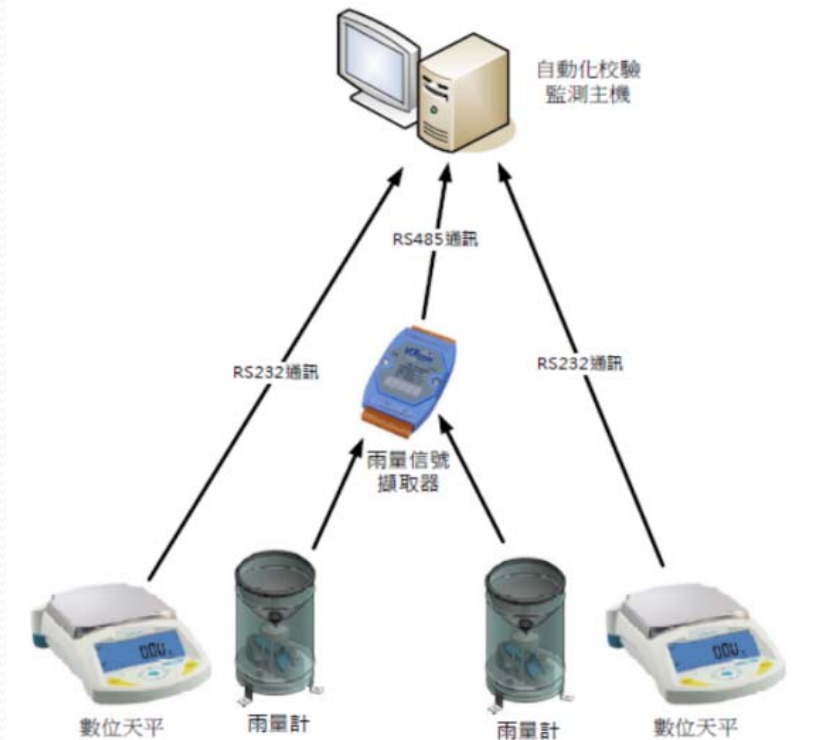
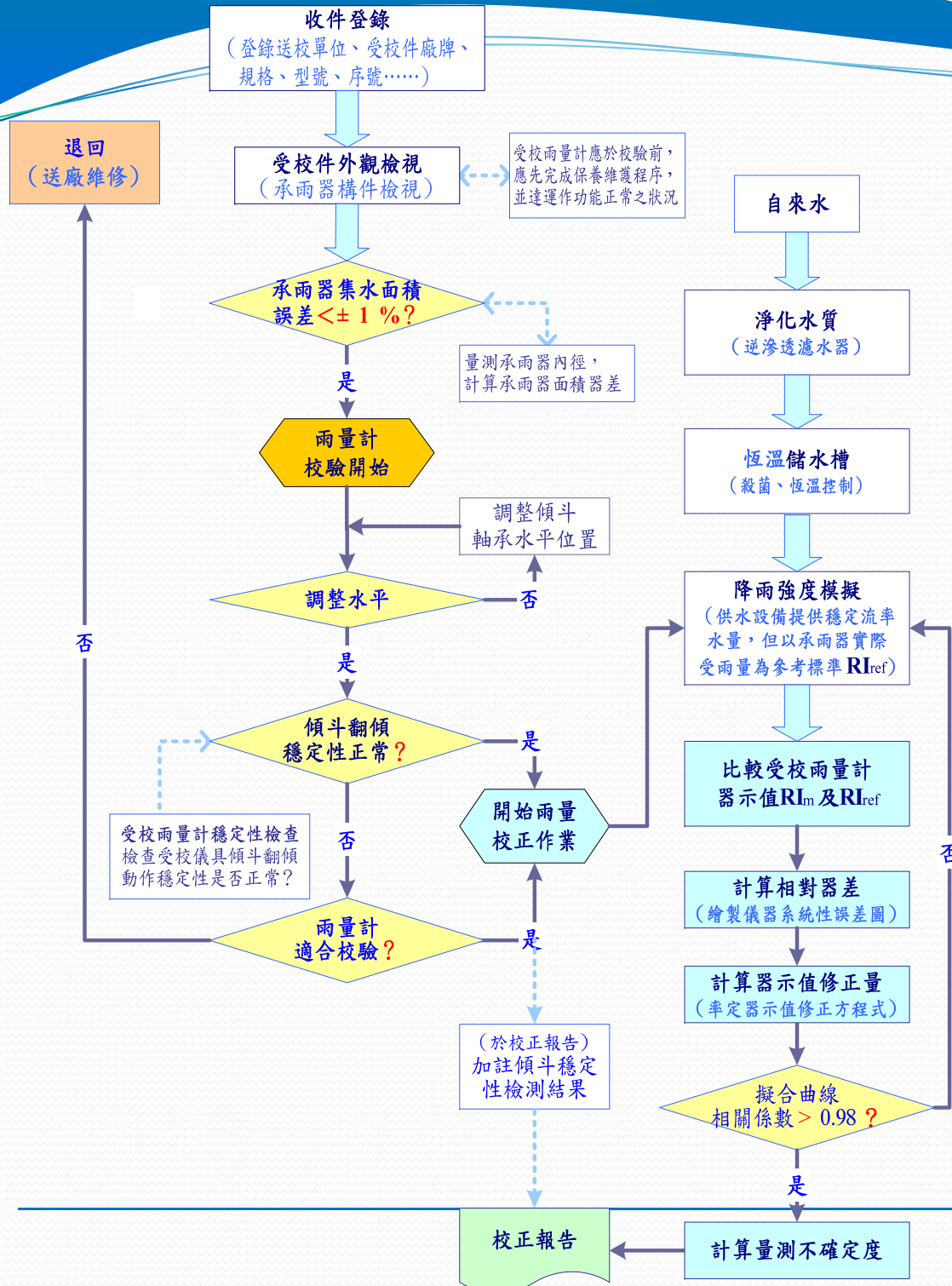
- 雨強相對誤差  $RE[\%]$ ：雨量計雨強器示值  $RI_m$  減去雨強參考標準(模擬雨強)  $RI_{ref}$ ，再除以雨強參考標準值  $RI_{ref}$

$$\begin{aligned} RE &= RI_m / RI_{ref} - 1 \\ &= [(n \cdot r_d / t) - (M / \rho \cdot A \cdot t)] / (M / \rho \cdot A \cdot t) \\ &= (\rho \cdot n \cdot r_d \cdot A / M) - 1 \\ &= 0.25\pi \cdot \rho \cdot n \cdot r_d \cdot D_m^2 / M - 1 \end{aligned}$$

其中， $A = \frac{1}{4} \pi D_m^2$ ； $D_m$  為四次量測承雨筒平均直徑 [mm]。



# 雨量計校正作業 流程圖



不同分辨力雨量計校驗採用雨強及量測傾斗翻傾次數之對照表

校驗組別 (依雨量計分辨力分組)		雨強組別 (單位)	1	2	3	4	5	6	7
			對應不同模擬雨強及量測傾斗翻傾之次數						
I	0.1 mm	mm/h	10	20	30	40	60	80	100
		次	10	10	20	20	30	40	50
II	0.2 mm	mm/h	10	20	40	60	80	100	120
		次	10	10	20	20	20	25	40
III	0.5 mm	mm/h	20	50	80	120	150	200	300
		次	10	15	20	30	30	40	50
IV	1.0 mm	mm/h	20	70	120	200	300	400	600
		次	10	20	30	40	50	60	80



The screenshot shows a Windows desktop environment with several Microsoft Excel windows open. The desktop background is blue with various icons. The Excel windows display data related to a sieve analysis experiment.

**Excel Window 1 (Top Left):** Shows a list of data points for sieve analysis. The columns include sieve size (mm), mass retained (g), and cumulative mass retained (g).

篩孔號碼	篩孔直徑 (mm)	保留量 (g)	右側保留量 (g)	左側保留量 (g)
1	0.075	0.00	0.00	0.00
2	0.15	0.00	0.00	0.00
3	0.3	0.00	0.00	0.00
4	0.6	0.00	0.00	0.00
5	1.18	0.00	0.00	0.00
6	2.5	0.00	0.00	0.00
7	5.0	0.00	0.00	0.00
8	7.5	6.409	6.409	6.409
9	15.0	6.060	6.060	6.060

**Excel Window 2 (Middle):** Displays a graph of sieve size (mm) versus mass retained (g). The x-axis ranges from 0 to 300 mm, and the y-axis ranges from 0 to 400 g. A curve is plotted showing the cumulative mass retained.

**Excel Window 3 (Bottom):** Shows a table of sieve analysis results and a checklist of experimental steps.

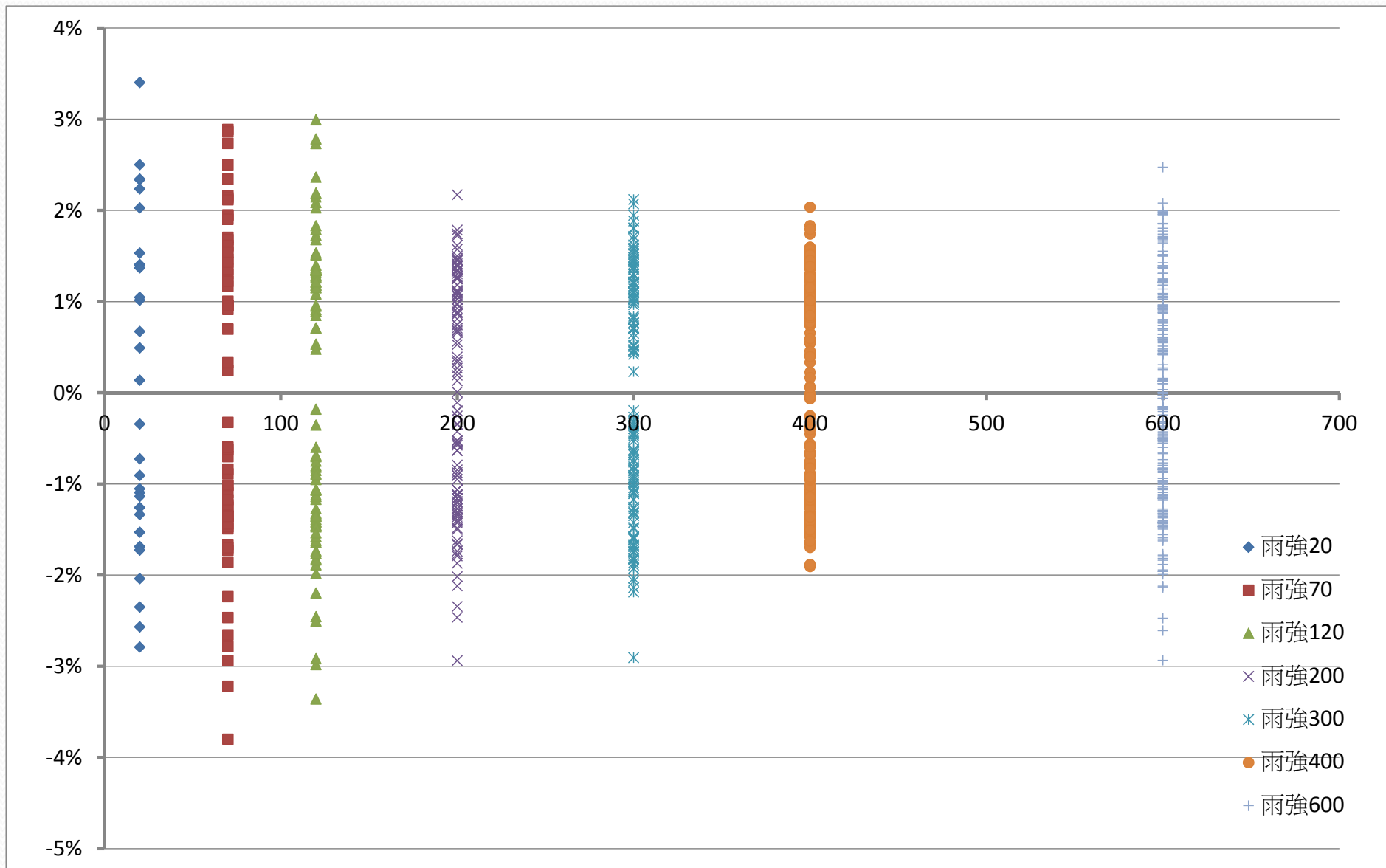
篩孔號碼	篩孔直徑 (mm)	保留量 (g)	右側保留量 (g)	左側保留量 (g)
1	0.075	0.00	0.00	0.00
2	0.15	0.00	0.00	0.00
3	0.3	0.00	0.00	0.00
4	0.6	0.00	0.00	0.00
5	1.18	0.00	0.00	0.00
6	2.5	0.00	0.00	0.00
7	5.0	0.00	0.00	0.00
8	7.5	6.409	6.409	6.409
9	15.0	6.060	6.060	6.060

**Checklist:**

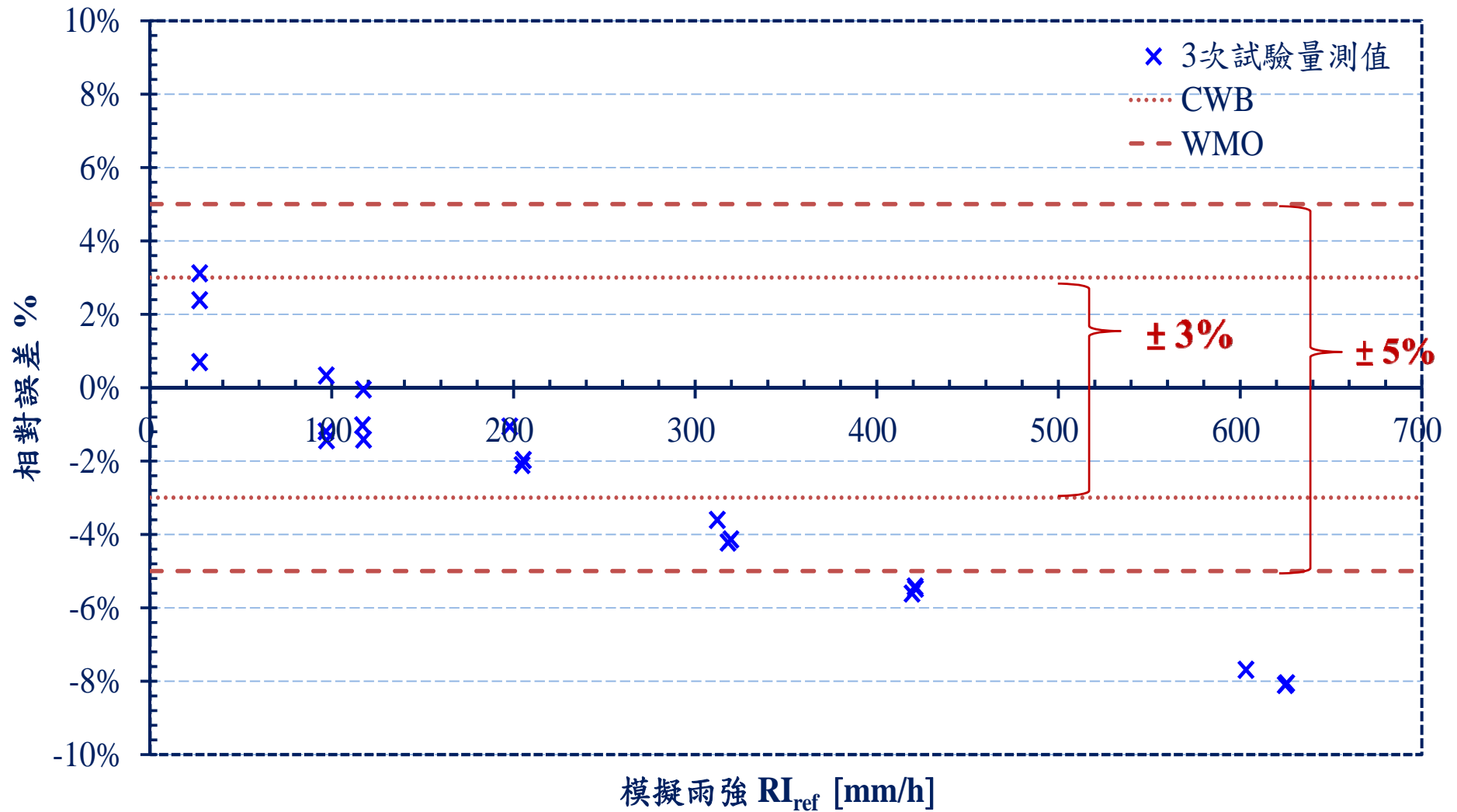
步驟	是否	備註
1. 檢查儀器	Y	
2. 檢查儀器	Y	
3. 檢查儀器	Y	
4. 檢查儀器	Y	
5. 檢查儀器	Y	
6. 檢查儀器	Y	
7. 檢查儀器	Y	
8. 檢查儀器	Y	
9. 檢查儀器	Y	
10. 檢查儀器	Y	
11. 檢查儀器	Y	
12. 檢查儀器	Y	
13. 檢查儀器	Y	
14. 檢查儀器	Y	
15. 檢查儀器	Y	
16. 檢查儀器	Y	
17. 檢查儀器	Y	
18. 檢查儀器	Y	
19. 檢查儀器	Y	
20. 檢查儀器	Y	
21. 檢查儀器	Y	
22. 檢查儀器	Y	
23. 檢查儀器	Y	
24. 檢查儀器	Y	
25. 檢查儀器	Y	
26. 檢查儀器	Y	
27. 檢查儀器	Y	
28. 檢查儀器	Y	
29. 檢查儀器	Y	
30. 檢查儀器	Y	
31. 檢查儀器	Y	
32. 檢查儀器	Y	
33. 檢查儀器	Y	
34. 檢查儀器	Y	
35. 檢查儀器	Y	
36. 檢查儀器	Y	
37. 檢查儀器	Y	
38. 檢查儀器	Y	
39. 檢查儀器	Y	
40. 檢查儀器	Y	
41. 檢查儀器	Y	
42. 檢查儀器	Y	
43. 檢查儀器	Y	
44. 檢查儀器	Y	
45. 檢查儀器	Y	
46. 檢查儀器	Y	
47. 檢查儀器	Y	
48. 檢查儀器	Y	
49. 檢查儀器	Y	
50. 檢查儀器	Y	



# 穩定度測試：不同雨強下每傾斗翻傾所需時間之離散情形 (以各次時間與均值之偏差百分比表示)



# 受校雨量計不同雨強之觀測誤差圖



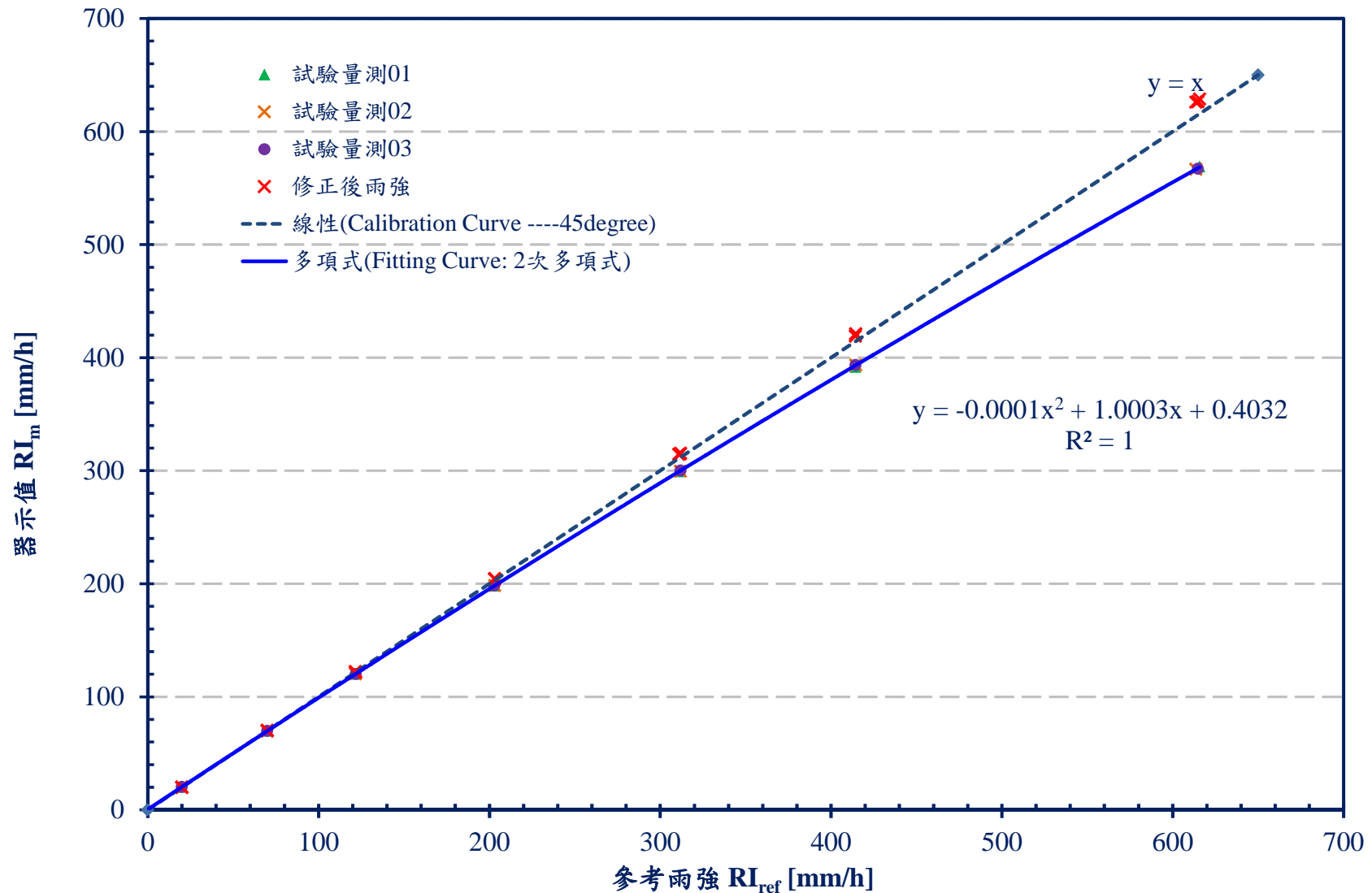
傾斗式雨量計（竹田1.0mm，捕集面積314cm<sup>2</sup>）在不同模擬雨強下，每傾斗翻傾時實際裝載之雨水量

模擬雨強 (mm/h)	每傾斗翻傾 平均時間	每傾斗 平均容量	每傾斗容量相 對誤差
20	178.22 sec	30.99 mL	1.32%
70	51.50 sec	31.41 mL	-0.02%
120	29.93 sec	31.74 mL	-1.07%
200	18.15 sec	32.14 mL	-2.37%
300	12.01 sec	32.63 mL	-3.92%
400	9.16 sec	33.11 mL	-5.44%
600	6.34 sec	34.00 mL	-8.29%

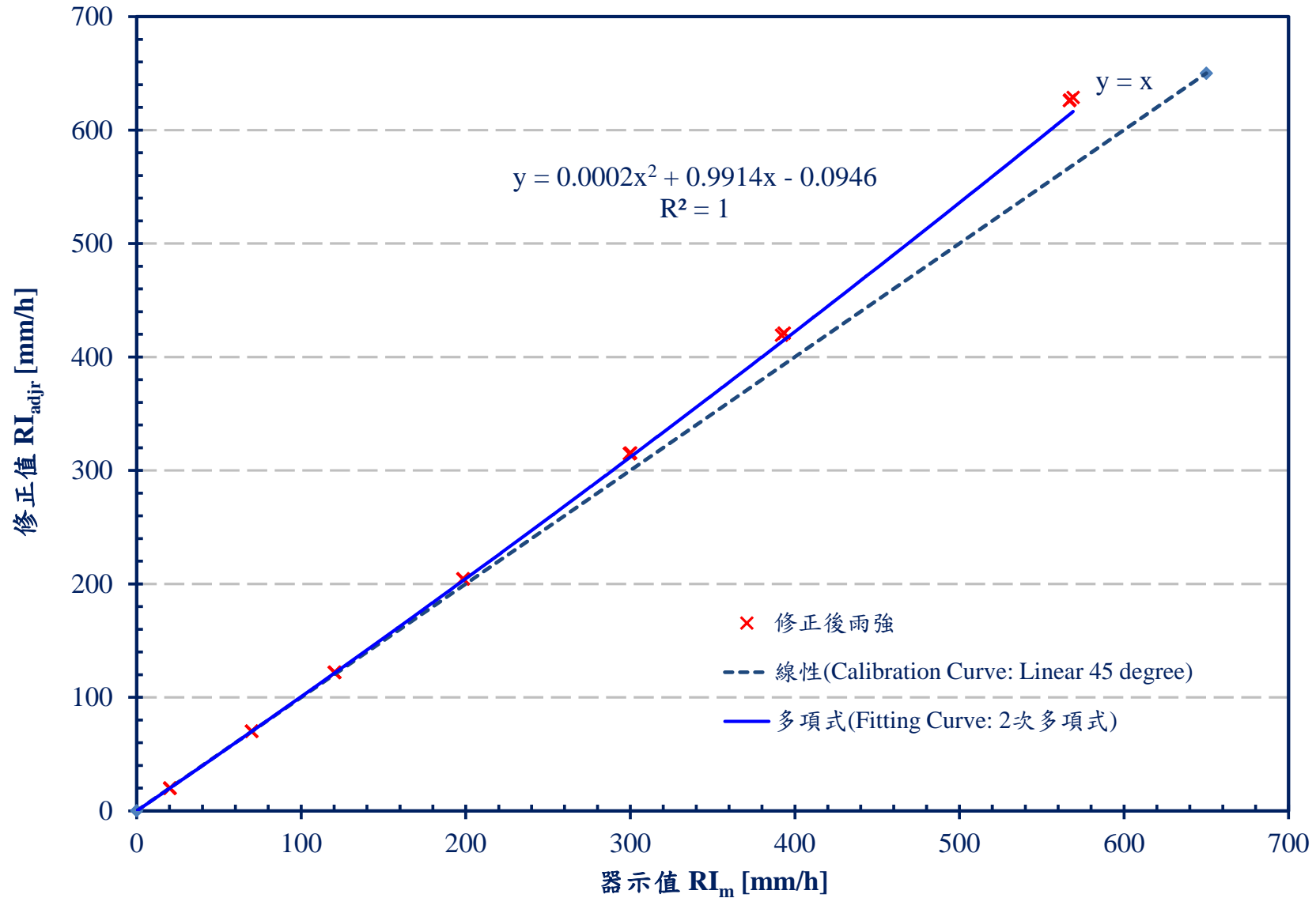
隨著模擬雨強越大、每傾斗所量測到的重量換算得到的體積有逐漸增加的趨勢，亦即在傾斗翻轉的極短時間內，因持續有降雨注入，致使傾斗式雨量計反應的一傾斗量實際高於標稱容量，但仍紀錄為一傾斗，因此造成降雨讀值低估的狀況。



# 雨量計器示值 $RI_m$ 與參考標準 $RI_{ref}$ 之量測偏差關係圖



# 竹田1.0mm雨量計修正雨強與器示雨強的關係方程



## 竹田1.0mm傾斗式雨量計檢測數據

測試組別	器示雨強 (mm/h)	參考雨強 (mm/h)	相對器差	修正後雨強 (mm/h)	修正後相對器差
1	20.20	19.94	1.32%	20.01	0.37%
2	69.91	69.92	-0.02%	70.19	0.39%
3	120.29	121.58	-1.06%	122.05	0.39%
4	198.38	203.08	-2.31%	204.45	0.67%
5	299.75	311.49	-3.77%	315.04	1.14%
6	392.95	414.31	-5.16%	420.36	1.46%
7	567.64	614.69	-7.65%	627.11	2.02%



http://www.cwb.gov.tw/V7/c 十分鐘雨量資料

顯示 ==全部== 依 [24小時累積雨量] 排序 資料時間: 2012/06/12 15:40:00

行政區	測站(測站代碼)	10分鐘	1小時	3小時	6小時	12小時	24小時	本日	前一日	前二日
桃園縣復興鄉	嘎拉賀 (21C09)	123.0	131.0	158.0	210.0	259.0	301.0	287.0	301.0	301.0
宜蘭縣大同鄉	池端 (21U11)	109.0	117.0	124.0	177.0	217.0	248.0	243.0	249.0	249.0
新北市坪林區	碧湖 (L1A80)	91.0	98.0	100.0	163.5	226.5	291.0	275.0	284.0	284.0
新竹縣尖石鄉	西丘斯山 (21D35)	73.0	77.0	79.0	122.0	144.0	221.0	174.0	X	X
桃園縣復興鄉	高義 (21C08)	63.0	68.0	74.0	125.0	205.0	289.0	275.0	287.0	287.0
桃園縣復興鄉	巴陵 (21C07)	52.0	55.0	61.0	127.0	183.0	238.0	227.0	238.0	238.0
新竹縣尖石鄉	玉峰 (21D15)	39.0	42.0	72.0	132.0	186.0	254.0	239.0	252.0	252.0
南投縣鹿谷鄉	鳳凰 (C0I09)	11.5	31.0	38.5	84.5	115.5	139.0	125.5	186.0	269.0
南投縣埔里鎮	大肚城 (C1H89)	10.0	39.5	59.0	133.5	198.0	270.0	228.0	398.0	594.5
南投縣埔里鎮	埔里 (C1I25)	10.0	48.5	79.5	164.0	199.5	264.0	223.0	414.0	620.5
南投縣水里鄉	郡坑 (swc05)	7.0	15.0	18.0	59.5	86.5	102.0	90.0	151.0	224.0
南投縣埔里鎮	北坑 (C1I26)	6.0	6.0	61.0	173.5	206.5	264.0	228.5	404.5	628.0
臺東縣卑南鄉	射馬干 (swc09)	6.0	14.5	24.5	28.5	47.5	61.0	48.0	84.0	142.0
高雄縣桃源區	小關山 (C1V22)	5.0	13.0	45.0	106.5	221.0	472.0	293.0	957.0	1340.0
臺中市東勢區	東勢 (C0F85)	4.0	4.5	4.5	20.0	70.5	163.5	134.0	256.5	317.5
苗栗縣卓蘭鄉	卓蘭 (E79)	4.0	9.0	9.0	34.5	77.5	111.5	111.5	195.5	233.5
嘉義縣竹崎鄉	內埔 (C1M49)	4.0	4.5	8.0	20.0	50.0	74.0	71.5	156.0	280.0
苗栗縣西螺鎮	西螺 (E81)	4.0	5.5	5.5	7.0	37.0	54.0	40.0	54.5	54.5
高雄市桃源區	高中 (C1V23)	3.5	16.5	35.5	79.5	181.5	328.5	230.5	680.0	1024.5
宜蘭縣頭城鎮	北關 (C1U58)	3.5	6.5	9.5	46.0	110.0	149.0	139.5	150.5	152.0
嘉義縣竹崎鄉	樟腦寮 (C1M48)	3.5	14.5	17.5	54.5	89.5	109.0	98.5	211.0	346.5
南投縣信義鄉	神木村 (C0H9A)	3.0	9.0	18.5	53.5	122.5	342.5	207.0	618.0	906.0
桃園縣復興鄉	霞雲 (21C14)	3.0	3.0	8.0	45.0	132.0	227.0	212.0	228.0	228.0
新竹縣尖石鄉	鳥嘴山 (C1D40)	3.0	18.5	25.0	53.5	119.5	224.0	214.5	226.0	226.0
宜蘭縣礁溪鄉	礁溪 (C0U60)	3.0	8.5	12.0	53.5	109.0	130.5	125.0	X	X
南投縣水里鄉	上安橋 (C1I30)	3.0	18.5	24.0	59.5	94.0	116.0	100.0	165.5	235.5
南投縣仁愛鄉	文文社 (C1I04)	2.5	14.5	51.5	123.5	171.0	248.5	197.5	390.0	589.0
苗栗縣南庄鄉	南礮 (C1E67)	2.5	3.5	5.0	27.0	139.5	242.5	192.5	285.5	299.0
南投縣魚池鄉	日月潭 (46765)	2.5	8.0	42.5	137.0	183.0	236.0	207.0	322.5	499.5
臺中市東勢區	伯公龍 (C1F9F)	2.5	6.0	6.0	37.0	73.5	167.0	134.5	246.5	307.5
臺東縣延平鄉	紅葉山 (C0S68)	2.5	2.5	37.0	56.5	80.0	110.5	90.0	143.5	206.0

2012/6/12 桑達颱風引進西南氣流，造成全台豪雨災害！

10分鐘123mm →  $123 * 6 = 738 \text{mm/h}$

如以竹田1.0mm雨量計在600mm/h相對器差為-8%計算

10分鐘低估9.84mm，應為132.84mm

視豪雨時間長短，每小時可能低估10~60mm！



# 受校雨量計校正報告

組別	參考雨強	雨強器示值	原始相對器	修正雨強	修正後相對	擴充不確 定度 (%)
	RI <sub>ref</sub> (mm/h)	RI <sub>m</sub> (mm/h)	差RE (%)	RI <sub>adjr</sub> (mm/h)	器差RE <sub>adj</sub> (%)	
1	27.24	27.80	2.1	27.41	0.7	1.1
2	96.93	96.19	-0.8	96.77	-0.2	1.0
3	117.24	116.27	-0.9	117.49	0.3	1.1
4	202.71	199.22	-1.8	204.80	1.1	1.0
5	316.63	304.00	-4.0	319.01	0.8	1.0
6	420.60	397.45	-5.6	424.58	1.0	1.0
7	617.87	568.74	-8.0	627.15	1.6	0.9

備註

1.本項模擬雨強範圍：20 to 600 mm/h (最大雨強： 600 mm/h)

2.雨量計器示值修正方程式：

$$RI_{adjr} = 0.0002 \times RI_m^2 + 0.9894 \times RI_m - 0.251 \quad ;$$

相關係數：R<sup>2</sup> = 1 。

3.擴充不確定度：

先計算各影響因子之標準不確定度，再計算組合標準不確定度，進一步計算自由度，再由Student t-分布表，取信賴水準95%，查得涵蓋因子k，擴充不確定度為  $U = k \cdot u_c(E)$ 。



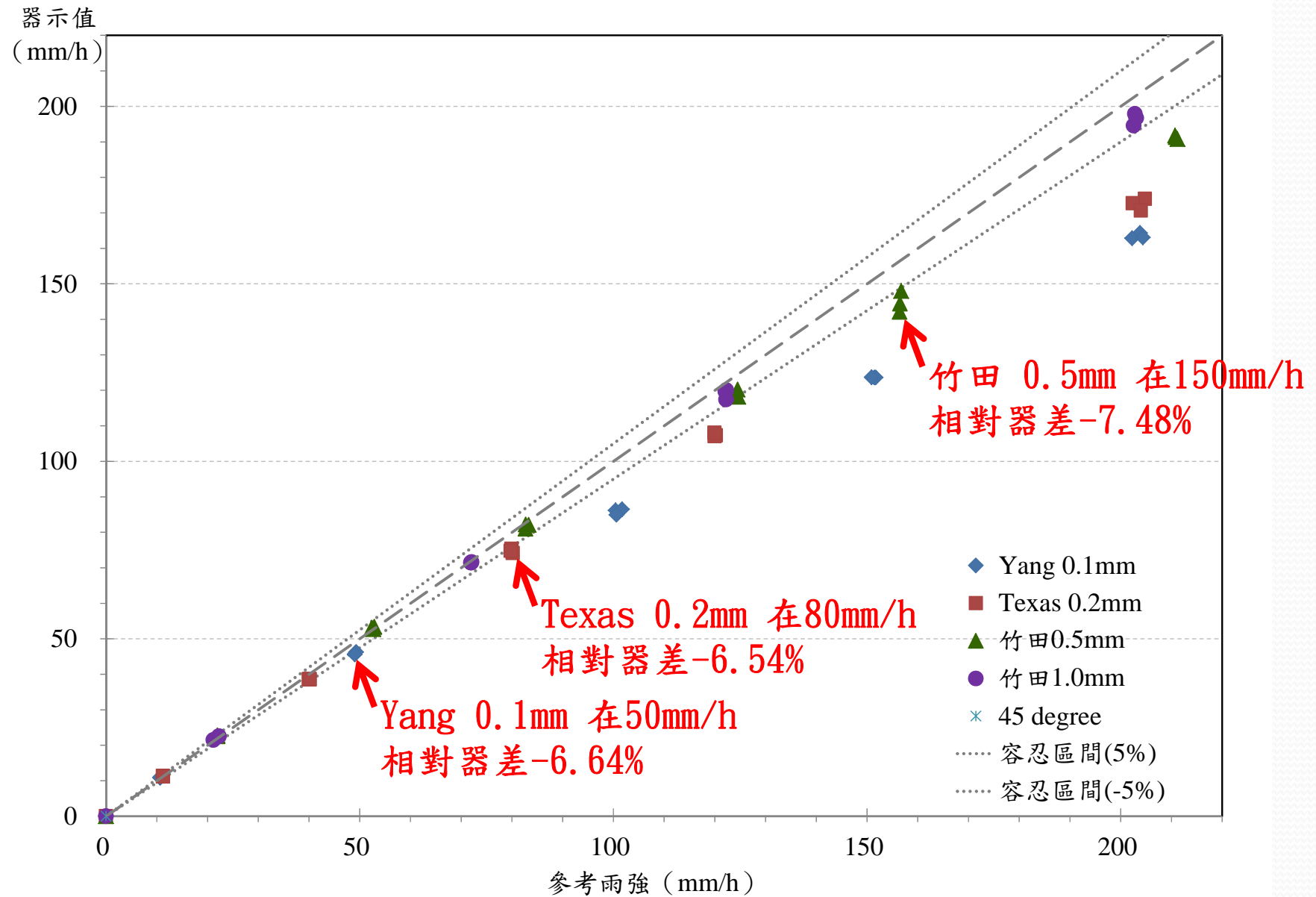


## 參與不同分辨力測試之4個雨量計

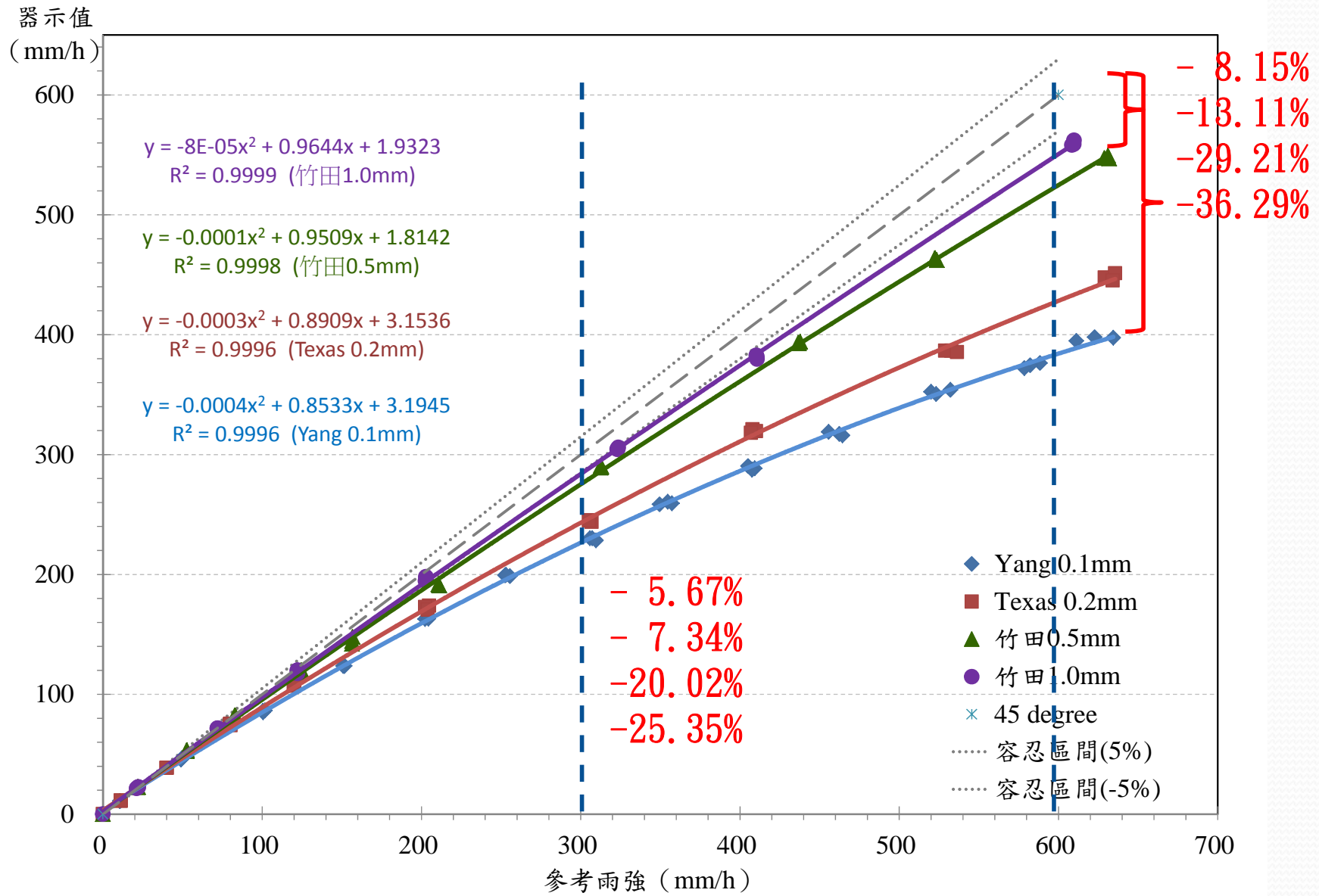
廠牌	型號	分辨力	集雨面積
Young (美國)	52202	0.1 mm	200 cm <sup>2</sup>
Texas (美國)	TR-525i	0.2 mm	200 cm <sup>2</sup>
竹田 (日本)	TK-1	0.5 mm	314 cm <sup>2</sup>
竹田 (日本)	TK-1	1.0 mm	314 cm <sup>2</sup>



# 不同雨強(0~200mm/h)下不同分辨力雨量計之量測偏差



# 不同分辨力雨量計在不同模擬雨強(10至600mm/h)器差分布情形

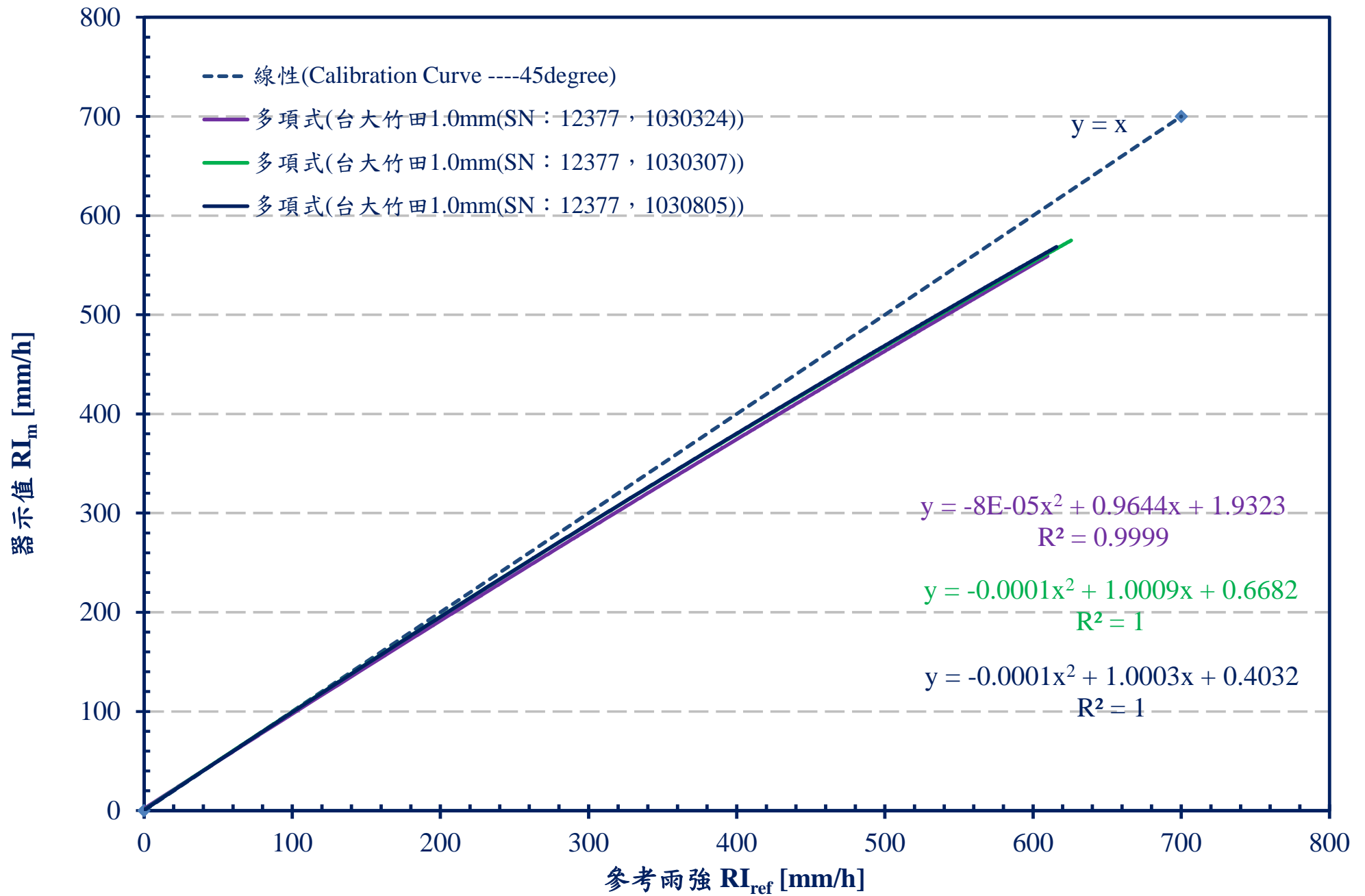


# 結語與建議

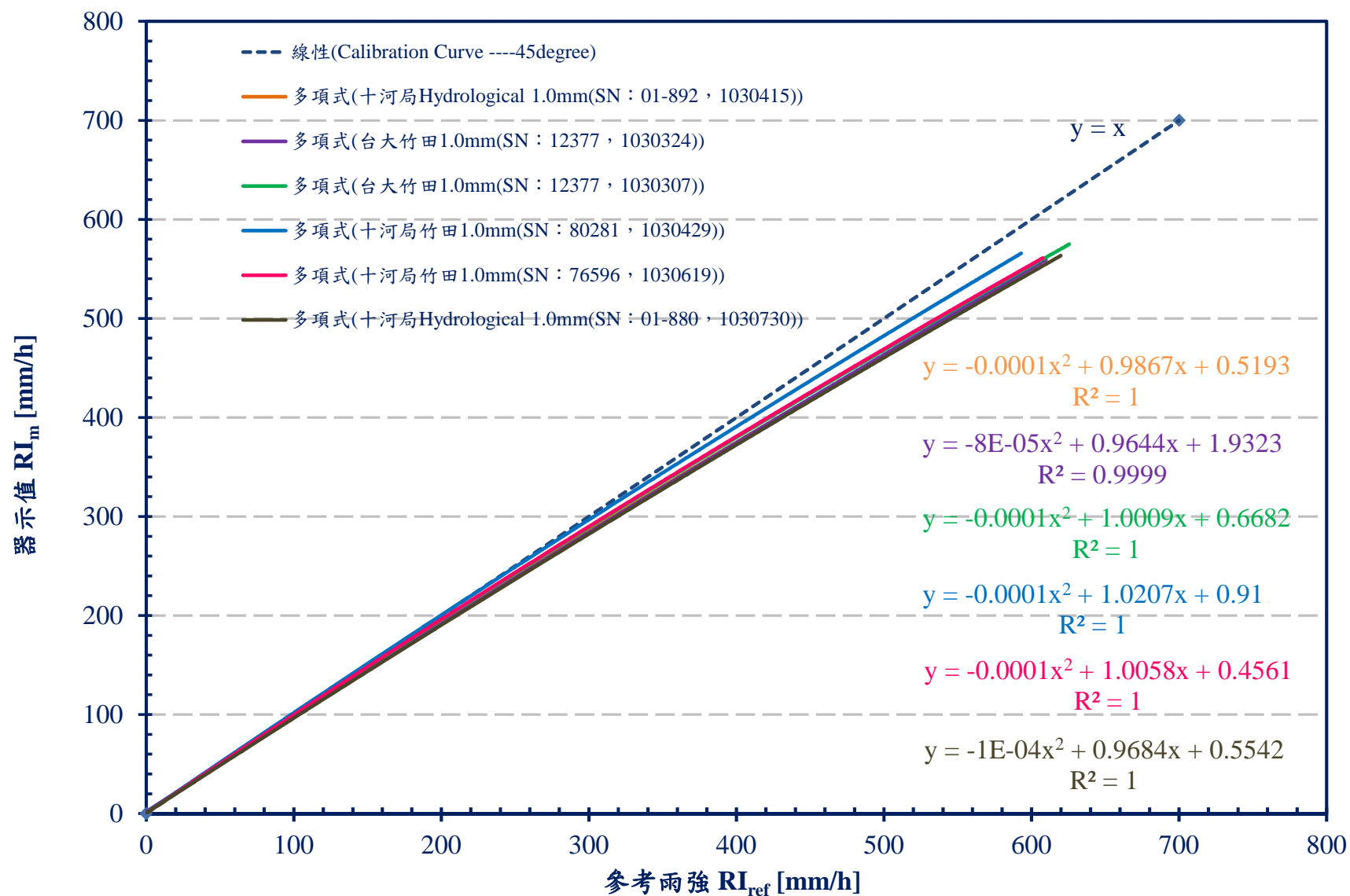
- 傾斗式雨量計存在系統性誤差，且該誤差：
  - (1) 分辨力：分辨力小的雨量計，對小雨強量測較準確，但雨量稍大，其誤差相對較大；而分辨力大的雨量計相反。
  - (2) 雨強：雨強越大器差越大。
- 量測低估的狀況在水文應用上造成困擾（特別是強降雨），降雨資料使用者應特別注意。
- 臺大水工所雨量校正實驗室提供傾斗式雨量計雨強相對器差、修正方程，能夠讓每個雨量計有效消除儀器本身的系統性誤差。
- 本文所探討僅限於實驗室內對受校雨量計的系統性誤差，現地環境因素造成的量測誤差不在此限。



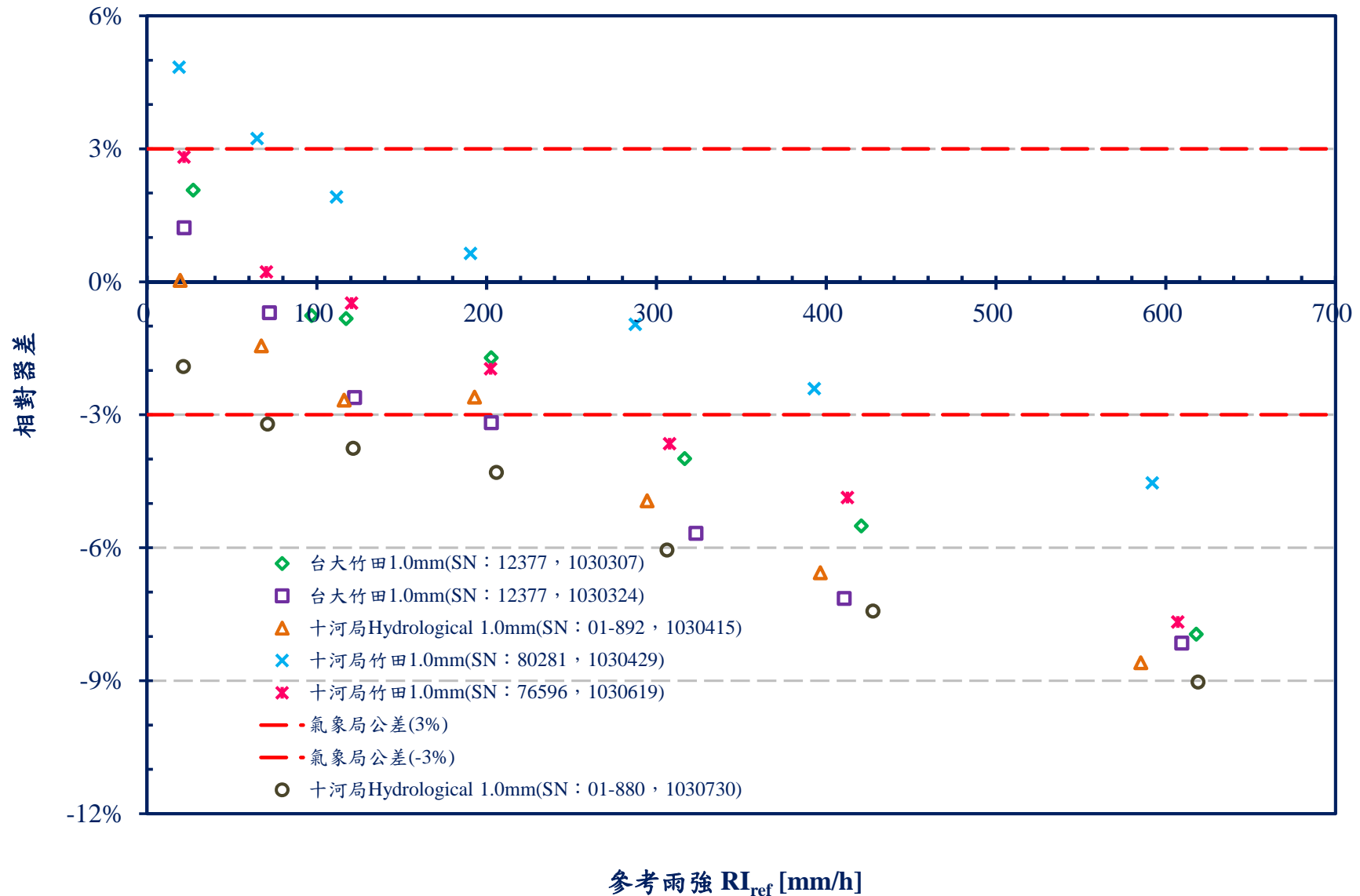




# 不同廠牌分辨力1.0mm雨量計在各模擬雨強（10至600mm/h）下器差分布比較

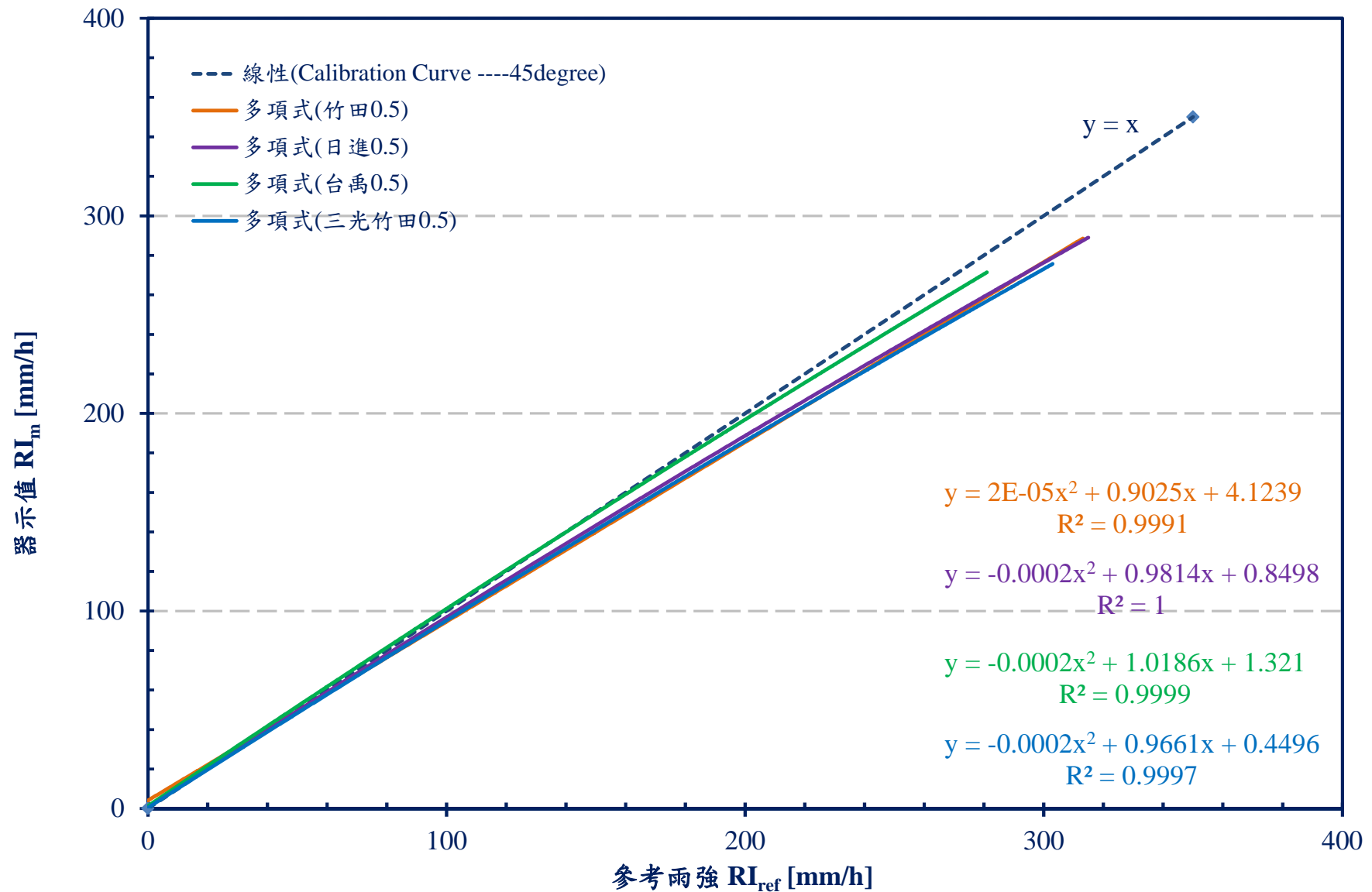


# 不同廠牌分辨力1.0mm雨量計在各模擬雨強（10至600mm/h）下器差分布比較

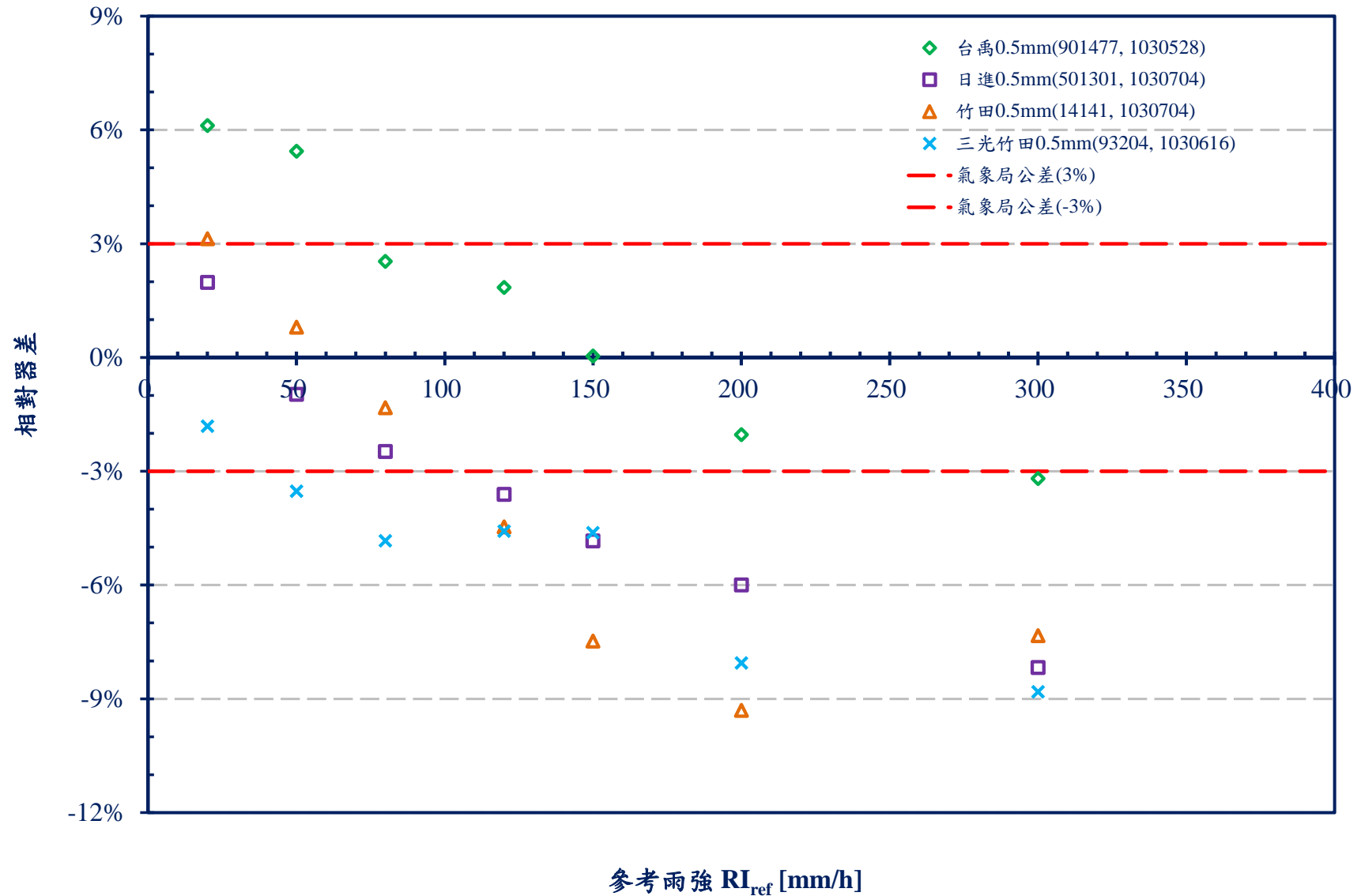


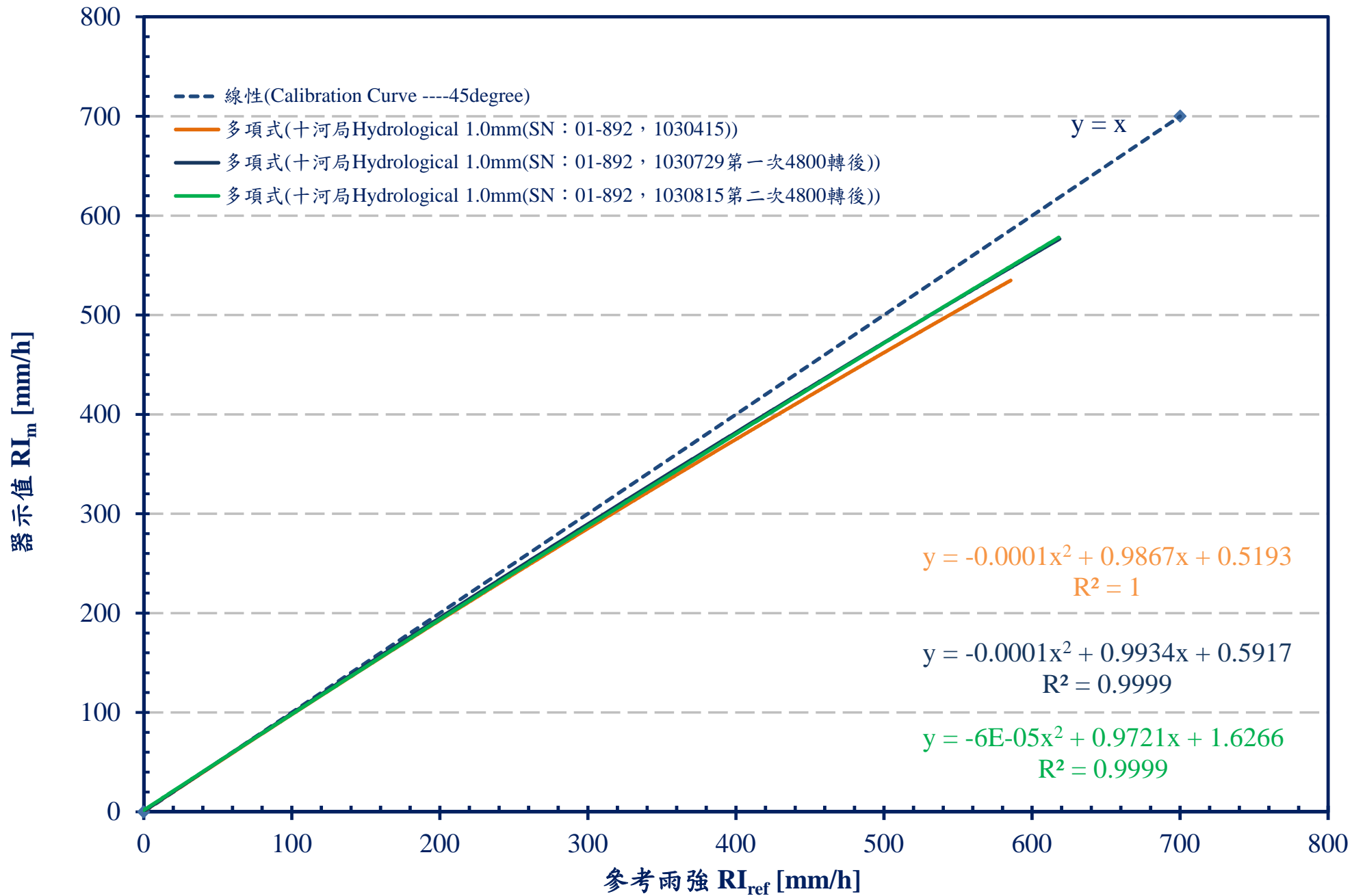


# 不同廠牌0.5mm分辨力雨量計在各模擬雨強（10至300mm/h）下器差分布比較



# 不同廠牌0.5mm分辨力雨量計在各模擬雨強（10至300mm/h）下器差分布比較





# 量測不確定度評估 - I

- 密度修正：由於實驗室已將環境控制在適當範圍（ $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）內，因此室內溫度、相對溼度及大氣壓力之變化不大， $\rho$  採用  $24\text{ }^{\circ}\text{C}$  時之水密度值（ $0.0009973\text{ [g/mm}^3\text{]}$ ）。
- 空氣浮力差修正：考慮天平經法碼校正，需考慮空氣分別對法碼以及水的浮力差修正。 $\rho_a[(\rho_m - \rho_w)/(\rho_w \rho_m)] = 0.001=0.1\%$ ，因此質量空氣浮動差，應修正量測質量 $0.1\%$



# 量測不確定度評估 - II

- A類評估：

依標準統計方法分析多組量測及其誤差項之一種評估。

Ex：直徑四次量測之標準差。

- B類評估：

游標卡尺、電子天平等之追溯校正

游標卡尺、電子天平等之量測解析度

電子天平動態量測（輸出解析度及誤差）



# 量測不確定度評估 - III

- 質量M量測之不確定度

$$u(M) = (u_{B1}^2(M) + u_{B2}^2(M) + u_{B3}^2(M))^{1/2} = 5.840g$$

- 直徑 $D_m$ 之不確定度

$$u(D_m) = [u_A^2(D_m) + u_{B1}^2(D_m) + u_{B2}^2(D_m)]^{1/2}$$

- 計算靈敏係數

$$c_M = \partial RE / \partial M = -0.25\pi \cdot \rho \cdot D_m^2 \cdot n \cdot r_d / (1 + \varepsilon_M) M^2$$

$$c_{D_m} = \partial RE / \partial D_m = 0.5\pi \cdot \rho \cdot D_m \cdot n \cdot r_d / (1 + \varepsilon_M) M$$

- 計算組合不確定度

$$u_c(RE) = \left( \left( \frac{\partial RE}{\partial M} \right)^2 \cdot u^2(M) + \left( \frac{\partial RE}{\partial D_m} \right)^2 \cdot u^2(D_m) \right)$$

- 計算有效自由度

$v_{eff}$

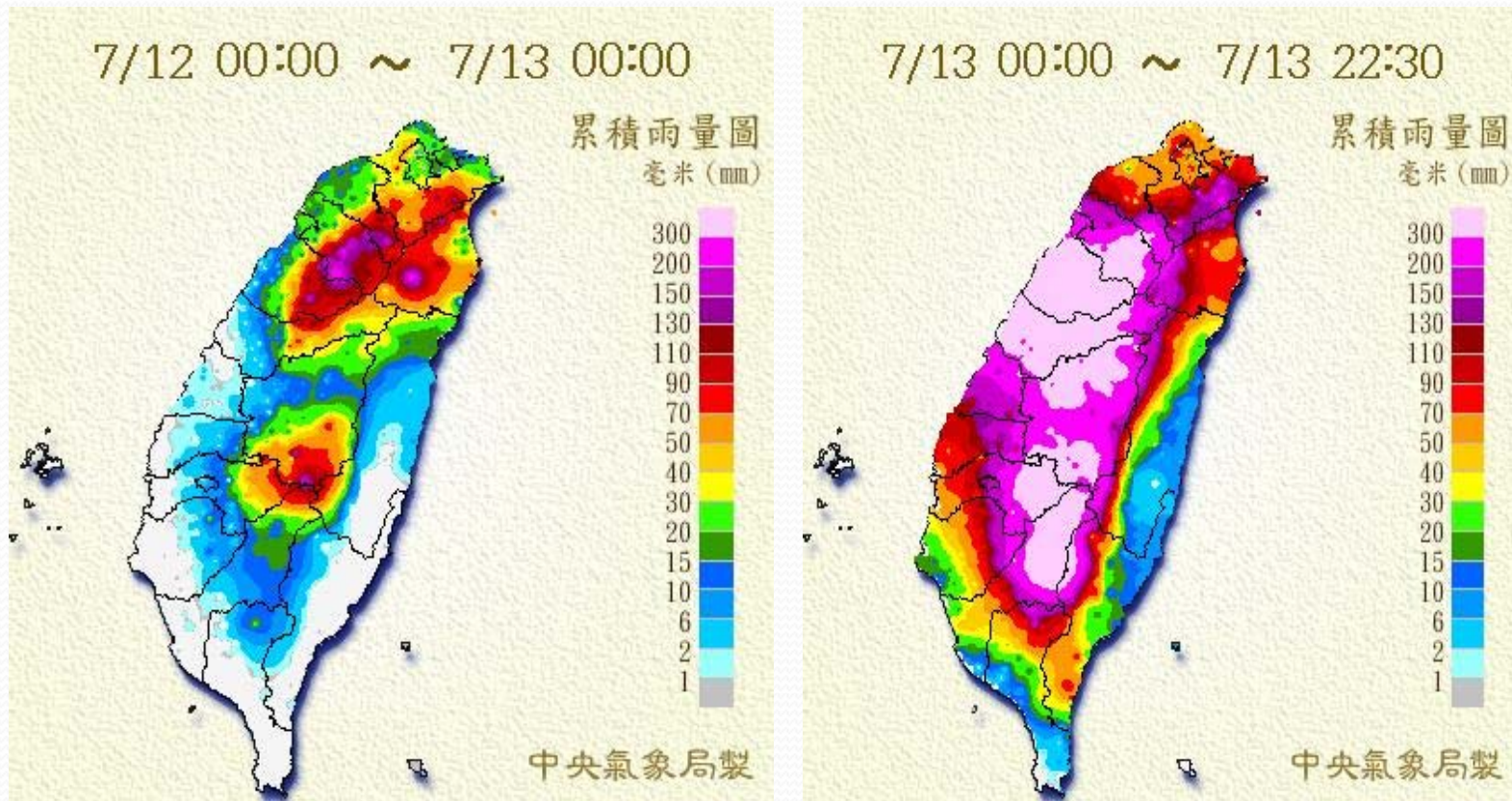
$$= u_c^4(RE) / \left[ \left( \frac{\partial RE}{\partial M} \right)^4 u_{B1}^4(M) / v_1 + \left( \frac{\partial RE}{\partial M} \right)^4 u_{B2}^4(M) / v_2 + \left( \frac{\partial RE}{\partial M} \right)^4 u_{B3}^4(M) / v_3 \right. \\ \left. + \left( \frac{\partial RE}{\partial D_m} \right)^4 u_A^4(D_m) / v_4 + \left( \frac{\partial RE}{\partial D_m} \right)^4 u_{B1}^4(D_m) / v_5 + \left( \frac{\partial RE}{\partial D_m} \right)^4 u_{B2}^4(D_m) / v_6 \right]$$

- 求涵蓋因子與計算擴充不確定度

$$U(\%) = k \cdot u_c(RE)$$

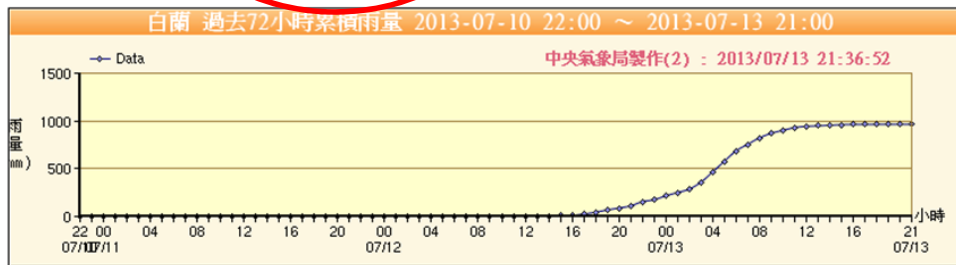
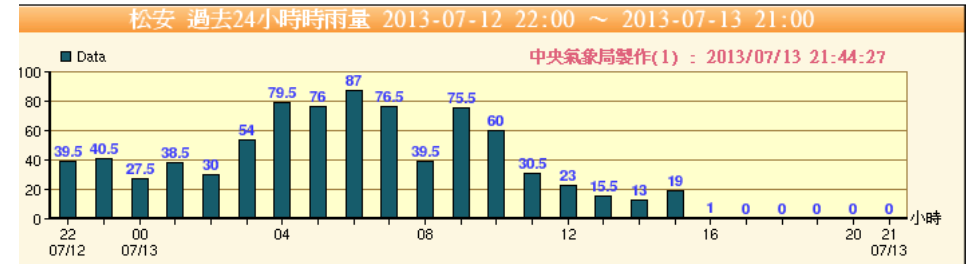


# 台灣地區降雨量或強度有多大？—以蘇力颱風（2013年7月13~14日）為例

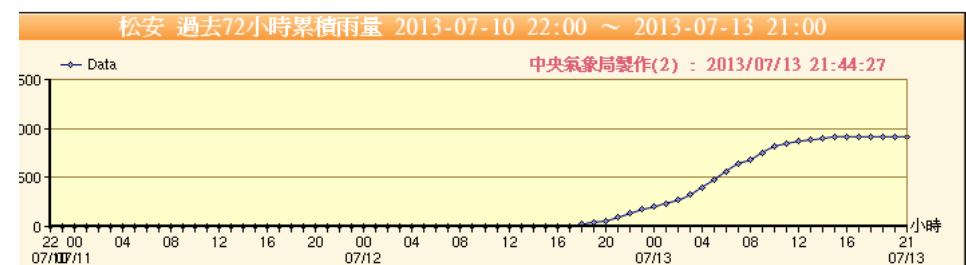


- 統計資料來源：共520測站資料（除中央氣象局自動觀測站外，尚有其他單位的自動雨量觀測結果）
- 最大降雨強度發生期間：7月12日03:00~7月13日10:00間（約）
- 測站降雨強度超過50mm/hr，共280筆，超過80mm/hr；共41筆；超過100mm/hr，共8筆。
- 最大降雨強度：126mm/hr（7/13 04:00~05:00）；白石站（新竹尖石鄉）
- 24小時累積雨量：超過800mm：7站；超過600mm：15站；超過500mm：36站；超過350mm：107站。
- 最大降雨強度前幾名：白蘭（875mm）；阿里山（861.5mm）；松安（861.5mm）；積來（853mm）國立臺灣大學水工試驗所。 38

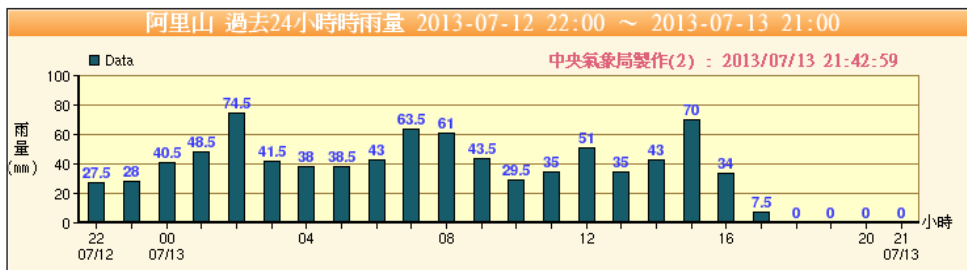
# 蘇力颱風－氣象局網站 (2013年7月13~14日)



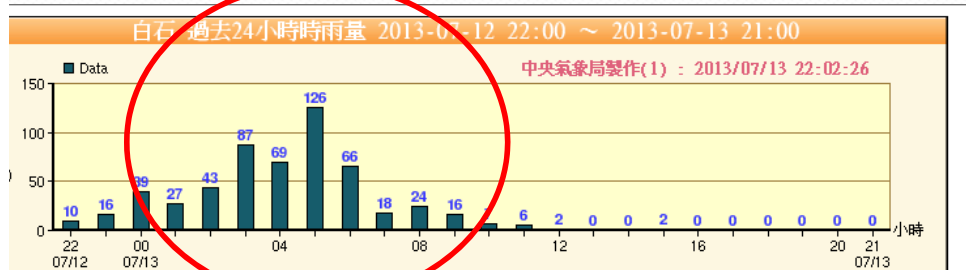
24小時累計降雨量：875.5mm (1st)



24小時累計降雨量：861.5mm (3rd)



24小時累計降雨量：861.5mm (2nd)



24小時累計降雨量：570mm (17th)





■ 實際案例：歷史最高降雨記錄事件及雨量觀測日期：梅姬颱風（2010年10月）

➤ 氣象局測站：蘇澳站（歷史極值記錄提供：蘇澳站 蔡宜璋製表，二組李育棋組長提供）

記錄儀器別	10分鐘最大雨量	開始時間	1小時最大雨量	開始時間	當日總雨量
自動測報系統	38.0 mm	2010/10/21 13:56	200.0 mm	2010/10/21 13:16	939.5 mm
虹吸式雨量儀	<b>45.0 mm</b> (4.5mm/min)	2010/10/21 13:51	<b>220.0 mm</b> (3.7mm/min)	2010/10/21 13:20	<b>970.7 mm</b> (0.67mm/min)
0.1mm傾斗雨量儀	26.3 mm (-41.56%)	2010/10/21 14:05	143.9 mm (-34.6%)	2010/10/21 13:34	747.6 mm (-23.0%)

➤ 傾斗式雨量計量測精度：0~250mm/hr以下，誤差約2%、250~330mm/hr，誤差約3%。

※國內常見廠牌（日本竹田、澳洲、台灣祥益等）型號量測精度，以上資料由廠商提供，尚未驗證。

➤ WMO建議雨量計檢校範圍應至少達：**500mm/hr**，以滿足氣候變遷下極端降雨事件雨量觀測需求。（Recommended range: 0.2mm/hr ~ 2,000mm/hr, Standard procedure for laboratory calibration of catching type rainfall intensity gauges, Annex 6.c, Guide to MIMO 8<sup>th</sup> edition）

➤ 以上資訊提供雨量計檢校試驗規劃或設計一個很好參考依據。



## 國內短延時降雨致災事件統計分析 — 防災科技電子報第081期

- NCDR統計近20年間（自1992迄2011年）發生“短延時降雨致災事件”之日數共有526日
- “短延時致災降雨事件”以3小時累積降雨量達130毫米以上，並導致災害發生之事件（豪雨—氣象局標準—24小時累積雨量達130mm以上）。
- 過去20年來“短延時降雨致災事件”的平均降雨強度是176mm（3小時累積雨量）；其中，事件排序之前20名，累計降雨量皆超過300mm（亦即平均“時雨量”皆超過100mm/hr）。而排序第1之彭佳嶼測站平均時雨量：159mm/hr（3小時的累積雨量甚至高達476mm）。
- 短延時降雨致災事件排序前20名，大部份是颱風帶來的降雨，因此該雨量觀測值應該受到強風的影響而嚴重低估（可能低估40%~60%；以6級風估算）。所以，推估短延時降雨致災事件修正後之時雨量可能高達265mm/hr（以低估40%推算）至398mm/hr（以低估60%推算）。



