

實驗室間比對確保 雨量計校正結果之效力

專業 標準 協作

NTU RGCLab TAF3487

簡報人：謝黎惠

臺大雨量計校正實驗室



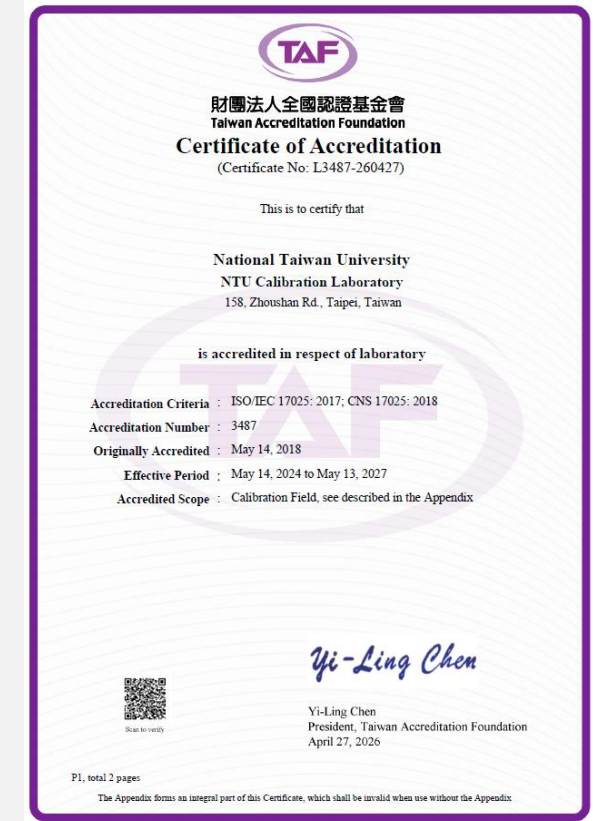
國立臺灣大學
National Taiwan University



關於我們

- 成立於2012年，為解決國內雨量計檢校量能不足、同時擴大兩強範圍（**10~600mm/h**）以滿足水資源分配及防災等單位強降雨之校正需求。
- 2014年通過財團法人全國認證基金會認證之雨量計校正實驗室（現TAF 3487），係**國內第一家認證雨量計校正實驗室**。十餘年累積超過3,000部雨量計校正經驗，長期與氣象署共同支撐國內雨量計校正與品質管理需求。
- 掌握**雨量計校正**資訊的單位，對現有在役雨量計能提供專業、量化之存續建議。同時，**12年ISO認證品質管控經驗(QA/QC)能有效幫助降雨觀測建立標準程序，確保觀測品質**。
- 研發之**雨量計現地查核系統**是一套系統化的品質管理機制，從儀器、測站環境、管理要求，一路到產出降雨觀測數據，確保每一步都是按照規範與程序要求執行各項工作，在雨量計兩次送校期間，能協助業主/維護廠商主動發現問題及查核雨量計堪用狀況。**本系統已取得台灣及美國發明專利，目前氣象署、水利署、農村水保署使用中。**
- 開發中的**測站查核協作系統**計畫透過觀測單位、校正單位(CWA及NTU)、供應商及維護商，期**共同協作、分權管理，打造雨量計生命履歷、建立測站分級，幫助業主對降雨觀測品質更有信心**，也讓雨量資料的使用者也能透由分級判斷自己分析結果的可信度。

臺大雨量計校正實驗室
~ 以ISO品管經驗協助國內降雨觀測全面提升

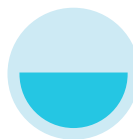


AI 很強大，但我餵它什麼品質的資料？



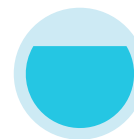
AI 預報瓶頸

- 降雨資料受限於**雨量計站點密度**、**儀器未經校正產生的系統偏差**、**觀測環境變化**、甚至**維護頻率保養**等限制，數據的「雜訊」與「不確定性」遠高於氣壓和溫度
- 觀測雜訊導致 AI 效能受限



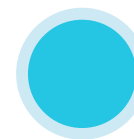
事前 QA 品質屏障

- ISO 17025 流程
- 人機料法環持續評鑑及改進
- 嚴謹校正 → 法律與品質雙重防護



現場 QC 與建立履歷

- **實驗室間比對** → 12 年 En 數據
- 現地診斷查核(FCD)，專利 App+雲端系統，建立降雨資料觀測履歷



高品質數據應用

- 精準數據餵養 AI → 防汛決策升級與高信任度
- 高品質實測數據持續回饋，作為 AI 模型重訓與觀測優化之基底
- 迴圈滾動，持續精進



ISO/IEC 17025 品質管理



公正與保密性

實驗室須保持獨立客觀，確保測試數據不受商業、財務或外部壓力干擾，並嚴格維護客戶資訊安全。



技術能力與追溯

強調人員具備專業能力、設備定期校正並可追溯至國際 SI 單位，確保校正結果精確、且具再現性。



風險思維與 PDCA

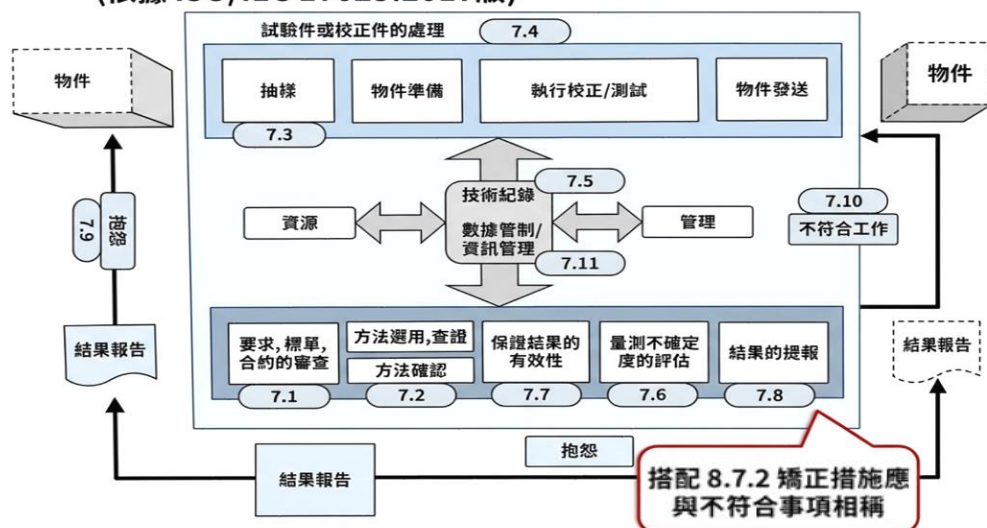
承襲 ISO 9001 精神，主動評估運作中的潛在風險，並透過 PDCA 循環持續進行流程品質改善。



結果有效性保證

從樣品接收到校正報告產出的完整流程，透過平行測試、比對或能力試驗（PT）驗證數據品質。

(依據 ISO/IEC 17025:2017版)



執行面透過：防範公正性風險（4.1）、維護客戶資訊保密性（4.2）；定義法律地位、管理階層組織架構與授權職責（5）；人員勝任能力、設施環境、設備校正與計量可追溯性（6）；合約審查、方法驗證、**不確定度評估、PT比對與結果報告**（7）；Option A/B 選擇、文件管制、風險應對、CAPA 與內稽（8），來確保校正結果的有效性。

量測不確定度 (MU)與能力試驗 (PT)

量測不確定度 (Measurement Uncertainty)

定義：表徵「**合理賦予被測量值分散性**」的參數，標示出測試結果在約95%涵蓋機率下的合理量值範圍。

量測值 $y \pm$ 擴充不確定度 U ：賦予數據法律證據價值與計量可追溯性。

執行重點：建立量測數學模型，綜合評估 A類（統計分析）與 B類不確定度，導出組合與擴充不確定度。

評估完整且合理， U 越小代表較佳的量測能力

能力試驗 (Proficiency Testing)

定義：**透過外部比對驗證實驗室量測能力的方法**。由 PT 主辦機構分發均勻樣品給各實驗室測試，並進行統計分析與能力評定。

實驗室間比對 (Interlaboratory comparisons)

由於兩量計校正在全球無適當之PT可供選擇，因此由CWA與NTU自行辦理實驗室間比對以滿足是項要求。

評估數值代表實驗室之量測能力。

依據 ISO/IEC 17025 中7.7.2節之要求，實驗室應透過與其他實驗室結果的比對，已達持續監督實驗室本身的表現（管理系統成效、量測可靠度、參加者能力的客觀依據、分析量測系統表現）。監督方式包括參加符合 ISO/IEC 17043 之能力試驗辦理機構的能力試驗（PT），或參加實驗室間比對（ILC）。



實驗室間比對 (ILC)

依照既定條件，兩家或以上的實驗室對相同兩量計進行量測的規劃、執行及產出評估報告。

在2026年2月進行會議討論，定調本次實驗室間比對計畫（各項時程、PT件選用、量測方法、比對兩強、順序參加型 Sequential scheme 比對、PT件的儲存與運送機制、不確定度分析），並於4月執行完畢。

2. Do 校正

視為日常常態兩量計校正，不給予特殊對待，比對完成前不交換量測結果。

4. Act 異常處置

若比對不滿意，啟動不符合處置，分析根本原因，及啟動矯正與預防措施。

1. Plan 前置規劃

擬定ILC計畫，挑選比對實驗室，討論執行方式，並執行PT件穩定性測試。

3. Check 統計評價

依據公開後的校正結果數據計算 En 值，評定技術能力滿意度。



比對計畫設計、執行與挑戰



比對件及參加序：本次採用台灣廣泛使用的竹田傾斗式雨量計，PT件的儲存與運送依實驗室對校件程序的要求，由NTU先進行校正。



比對雨強：針對 20mm/h ($\pm 1\%$) 及120 mm/h ($\pm 1\%$) 強降雨環境進行校正，以確保在台灣常見降雨型態範圍的量測能力符合一致性。



校正方法：依雙方實驗室TAF認證的標準校正作業程序。



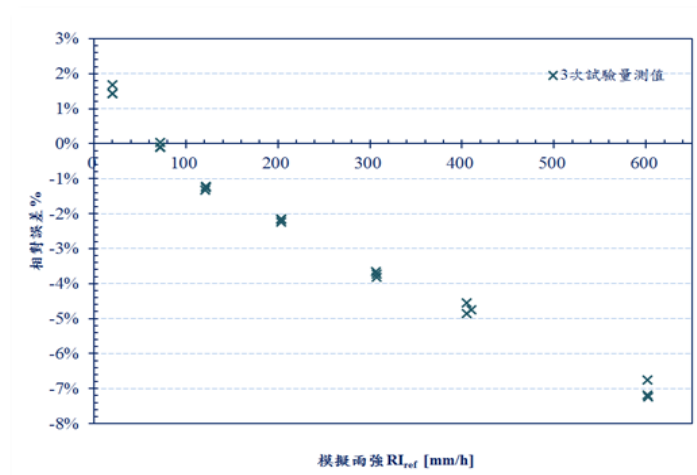
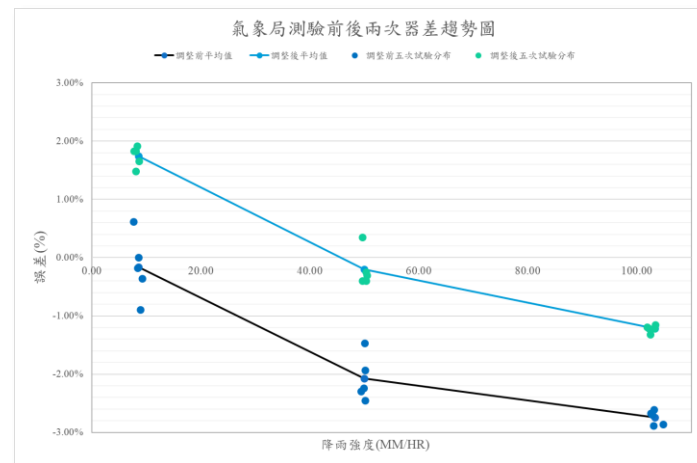
不確定度評估：依雙方實驗室TAF認證的不確定度評估作業程序。



統計與評估：數據整理、統計分析、En評估。



結果報告：結論、建議與改進、發佈。



統計評估指標：En 值

校正與物理測試領域常用En值（Error Normalized）是用來評估實驗室間比對（或能力試驗）數據準確性的量化統計指標。透過考量實驗室量測數據與指定參考值之間的誤差，並納入雙方的量測不確定度進行綜合評估。

計算公式

$$E_n = \frac{x_{lab} - x_{ref}}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}}$$

x_{lab} ：參與實驗室的量測結果

U_{lab} ：參與實驗室的擴充不確定度

x_{ref} ：指定值（參考實驗室的標準值）

U_{ref} ：參考實驗室的擴充不確定度

評定標準：

$|E_n| \leq 1.0$ ：代表比對通過，兩家實驗室結果一致、品質無虞。

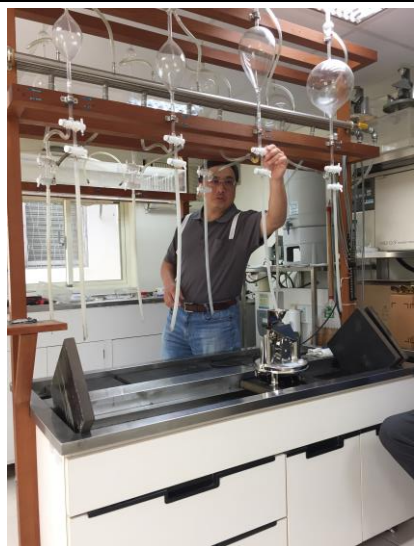
$|E_n| > 1.0$ ：代表比對不通過，存在顯著偏差。

2026比對結果

校正雨強	20 mm/h	120 mm/h
PT廠牌/分辨力	竹田 / 1.0 mm	
NTU	E = 1.2 % U = 1.2 %	E = -2.4 % U = 0.4 %
CWA	E = -1.0 % U = 2.1 %	E = -2.2 % U = 1.2 %
EN	0.9	0.2



校正系統演進



CWA定量 校正系統

參考日本，
使用超過30
餘年



CWA總量 校正系統

113年科氏力
流量校正系統
(114年通過
ISO認證)

NTU 流率 校正系統

參考WMO，
使用超過12
年 (103年通
過ISO認證)



NTU流率/總 量校正系統

113年自動
化校正系統
(115年通
過ISO認證)



藉由實驗室間比對串起不同時空、不同校正系統的均質校正能力。

定期ILC持續監控量測系統校正能力

	2014	2015	2017	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
PT廠牌 校正點	竹田 100	竹田 100	勤睿 50	日進 100	竹田 100	竹田 100	竹田 100	竹田 120	竹田 120	竹田 120	竹田 120
NTU1	E = -1.28 U = 0.4	雨量 計 異 常	E = 3.44 U = 0.4	E = -1.5 U = 0.4	E = -2.2 U = 0.4	E = -2.2 U = 0.3	E = -2.3 U = 0.4	E = -2.4 U = 0.3	E = -1.7 U = 0.3	E = -2.4 U = 0.3	
NTU2										E = -2.6 U = 0.3	E = -2.4 U = 0.4
CWA1	E = -1.26 $\sigma = 0.2$		E = 3.39 $\sigma = 0.2$	E = -1.1 $\sigma = 0.3$	E = -1.8 $\sigma = 0.3$	E = -2.2 $\sigma = 0.2$	E = -2.1 $\sigma = 0.3$				
CWA2								E = -2.3 U = 1.0	E = -1.7 U = 1.3	E = -2.1 U = 1.2	E = -2.2 U = 1.2
EN	0.1		0.2	0.8	0.8	0.1	0.4	0.1	0.0	0.5/0.3/ 0.4	0.2

※2022年以前氣象署尚未申請TAF認證，出具報告之不確定度以標準差 σ 表示。

讓 AI 的強大為你所用

AI 預報瓶頸

- 降雨資料受限於雨量計站點密度、儀器未經校正產生的系統偏差、觀測環境變化、甚至維護頻率保養等限制，數據的「雜訊」與「不確定性」遠高於氣壓和溫度
- 觀測雜訊導致 AI 效能受限

事前 QA 品質屏障

- ISO 17025 流程
- 人機料法環持續評鑑及改進
- 嚴謹校正 → 法律與品質雙重防護

現場 QC 與建立履歷

- **實驗室間比對** → 12 年 En 數據
- 現地診斷查核(FCD)，專利 App+雲端系統，建立降雨資料觀測履歷



高品質數據應用

- 精準數據餵養 AI → 防汛決策升級與高信任度
- 高品質實測數據持續回饋，作為 AI 模型重訓與觀測優化之基底
- 迴圈滾動，持續精進

結論與建議

源頭治理	實踐行動	延伸防線
源頭數據校正 > 盲目投入 AI 算力 •數據品質決定上限：AI 模型需要優質地面真值，否則容易陷入 Overfitting。 •高邊際效益：從源頭校正偏差，比調整模型架構或增加算力更有效率及效益。 •事半功倍：餵養正確數據，確保訓練方向符合大氣物理規律。	高品質數據是 R2O2A 的接力棒，送校就是第一步 •QA/QC 雙管齊下：數據品質是科學研究落實到氣象作業與防災應用的關鍵。 •堅實信任夥伴：CWA 與 NTU 實驗室透過「人機料法環」嚴格把關十餘年，而實驗室間比對以實證串聯這一切。 •守護黃金標準：觀測同仁最簡單且有效的第一步，就是定期送校雨量計。	從實驗室走入現場：FCD 結合 APP 建立數據生命履歷 •延伸品質防線：解決現場環境與風場交互作用等非實驗室因素。 •查核流程：透過現地查核設備（FCD）與 APP 即時診斷與維護保養。 •完整數位履歷：留存測站與設備紀錄，讓未來數據有所追查、有所依循。







團隊成員

深耕水文量測、ISO品管領域

- 水文觀測及資料分析、河川水力學、水利工程。
- 現場流量觀測、流量推估技術研發、水文監測規劃/建置/維運、水工模型建置/試驗/規劃/分析。
- 水資源系統分析、序率水資源系統、決策系統模式、水資源經濟分析、工程最佳化與應用。
- 攝影測量、誤差理論、空間資料獲取與分析。
- ISO品質管控。



捕集型雨量計自動化校正系統

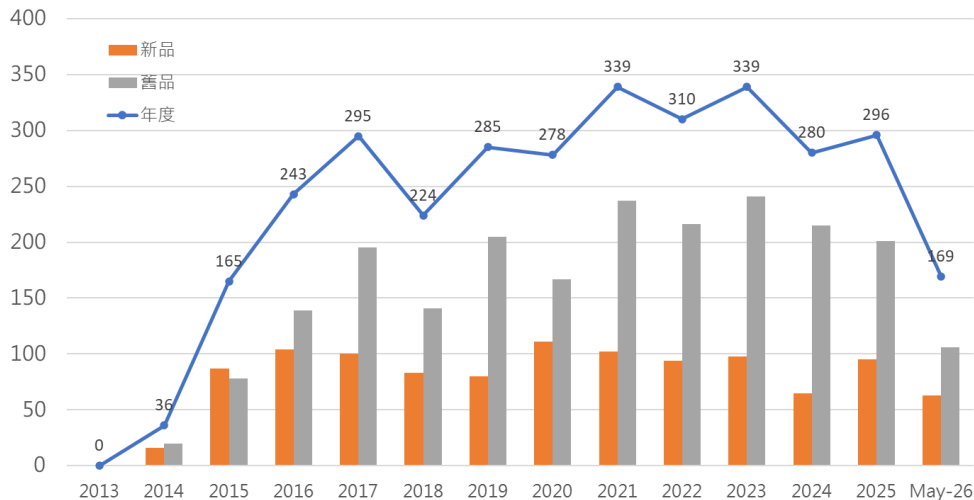


ISO認證維持

- 標準化作業：24本程序書持續更新
- 人員持續受訓及接受評鑑
- 校正設備定期追溯及每月中間查核
- 每年內部稽核
- 每年管理審查
- 每年實驗室間能力試驗比對
- 每三年一次展延及期間監督評鑑



産出校正報告

[illegible]

QUOTATION (PROFORMA INVOICE)					
Quotation No.:		Q205 1201	Date:		2025/12/18
Customer Name:		Japan Quality Assurance Organization JQA	Validity:		60 Days
Address:		4-4-4 Minami-Osaka Hachioji City Tokyo 192-0364 JAPAN	Contact Person:		Mr. Tsuchiya
Item No.	Description of Calibration Service	Unit Price (NTD)	Points	Total (NTD)	
1	Standard Calibration (7 Points) for 0.5 mm Resolution Rate Gauge <i>Includes standard points: 20, 40, 60, 100, 150, 200, 300 mm</i>	6,000	7	6,000	
2	Custom Calibration Point 36 mm (0.5 mm/min)	2,000	1	2,000	
3	Custom Calibration Point 78 mm (1.3 mm/min)	2,000	1	2,000	
Total Calibration Points			9		
				Amount	
Subtotal (Items 1-3)				10,000	
Sales Tax				0	
TOTAL AMOUNT DUE				NTD 10,000	

PAYMENT & SERVICE TERMS	
Term	Detail
Payment Terms	Net 2 weeks upon issuance of Payment Notice before return TBIRG
Payment Method	We Transfer (Details provided upon request)
Payment Period	Within 30 days after receipt of TBIRG and confirmation of Purchase Order
Calibration Report	Official Certificate issued in Chinese with TAFIRAC MARA markings
Lead Time	1. The above quotation covers the calibration service fees only. All other costs (including road-trip shipping, insurance, customs duties, and taxes) shall be borne by JQA. 2. Packaging & Liability: The Customer is responsible for ensuring the rain gauge is properly packaged to prevent damage during transit. 3. Please ensure the instrument is properly packaged. Our laboratory shall not be held liable for any damage, shipment delay, or calibration quality occurring during transit. We will return the TBIRG using your original packaging.
Logistics	

SPECIAL NOTES ON SERVICE SCOPE
Scope Adherence: All calibration points are performed within the laboratory's TAF-accredited range of 10 mm/h to 600 mm/h.
Point 198 mm/h: The requested 3.3 mm/min (198 mm/h) is substituted with the standard point of 200 mm/h due to proximity (within 1% tolerance).
Order Placement: This Quotation requires acceptance via a formal Purchase Order (P.O.) and the submission of the completed [Application Form](#).

Customer signature _____ NTU RGCLab 

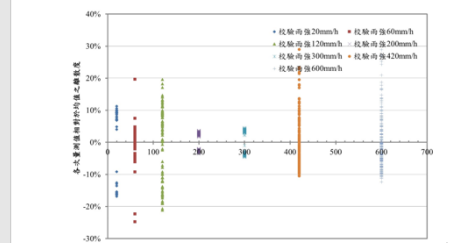
[illegible]

图 1 □ 计量领导在高校图书馆推广价值引领数量增长情况……………分页符结束

National Science ~~Library~~ Reference Research Institute
 NTU Basic Group Collection Laboratory
 Application Form for TBIBG Collection

Form No. Q9-P014.1(3) Serial No. 62312

Customer: CPA	Contact Person: Emma Tan	Date of Submission: 2016.01.07
Instrument Used: For report used	Telephone: _____	Fax: _____
Address: For report used	Notes on Receipt: _____	Unified Document No.: _____

Serial No.	Date of Submission	Brand / Model	Resolution	Serial No.	Date of Manufacture	Category	Special Requirements
1	01	TEB02	Table	TKF-1-A 0.5 mm (1245)	01/01/2016	Cyfranal Cytocentrals Cytosnap	☐ None ☒ Other remarks
2	01	01					
3	01	01					
4	01	01	Total		1/01	Item	☒ Full Collection Package ☐ Customary Collection Package

Remarks on Collection Requirements:

- General Collection:
 - Our company agrees that the collection (verification) will be carried out in accordance with the unit group collection procedure published by the NTU Basic Group Collection Laboratory.
 - Our company agrees that (does not agree that) we want the error of the calibration items if any random instrument cannot meet the tolerance requirement (3 %), the laboratory shall perform adjustment and recalibration, and that such adjustment of the items shall be based solely on the applicable standard uncertainty range (20-250 nm).
 - Our company acknowledges that such adjustment does not guarantee that the calibration item can be brought within the specified tolerance (the improvement is more extensive if limited and limited due to the variability condition of the device). If the error will still fail to meet the tolerance requirement after adjustment, the item is deemed no longer suitable for measurement (and shall be returned to the manufacturer for repair or scrapped).

國立臺灣大學□水文量測技術研發暨服務中心。
南臺灣校正實驗室□10073 臺南市大港區永山路 158 號。
電話/傳真: 02-3366-2644; 網址: <http://www.hicli.hy.azn.edu.tw>.

第 3 頁 / 3

Figure 2 is a scatter plot titled "圖 2 校正件不用雨量測器量測洪量之校正值" (Figure 2: Calibration value of flood volume measured without rain gauge for calibration). The x-axis is labeled "校正值 R_{cal} (mmh)" and ranges from 0 to 600. The y-axis is labeled "觀測值" (Observed value) and ranges from -8% to 8%. A dashed red line represents the 1:1 relationship. Data points are marked with 'x' and labeled "3次校驗量測值" (3rd calibration measurement value). The points are clustered around the 1:1 line, indicating good agreement between the measured and corrected values.

校正值 R_{cal} (mmh)	觀測值 (%)
~50	~1.5
~100	~0.5
~150	~0.5
~200	~-0.5
~250	~-2.5
~300	~-3.5
~400	~-3.5
~500	~-4.5
~600	~-4.5

圖 2 校正件不用雨量測器量測洪量之校正值 ($\pm 5\%$ 之校正值)

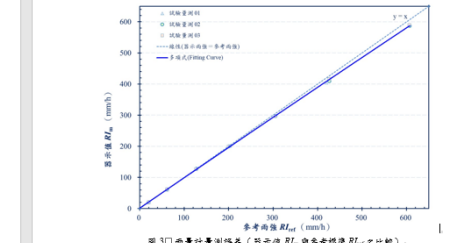
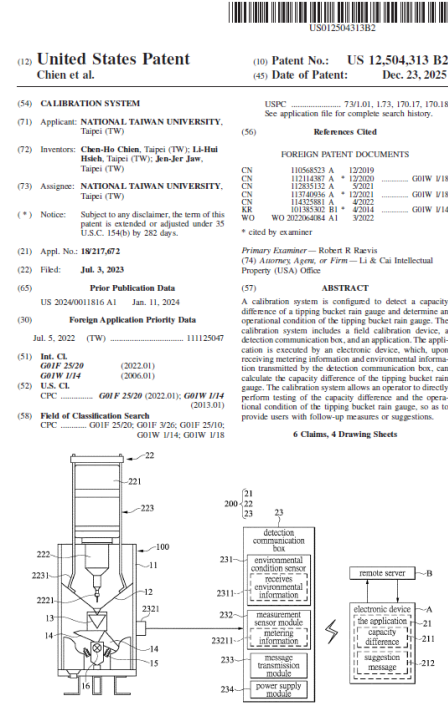
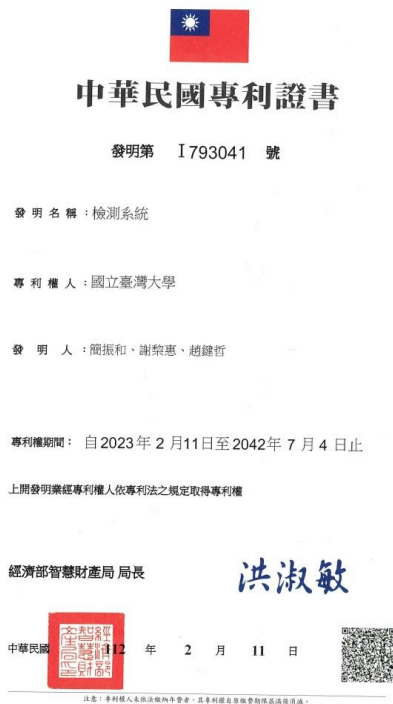


圖 2-10 的直列直列裝置（將不區分與分列中相混之比較）。

National Tax Authority <i>„Tax Authority of the Republic of Serbia“</i> NTU <i>Nacionalna Tax Authority</i> Application Form for TCBIC Collaboration	
Page 4 of 4	
A*) The service fee for this collaboration will be billed by National Tax Authority (Contract Business No. 0737401) under the description “Fees Gauge Collaboration”, as the official service.	
B*) Special Collaboration Description: Close Yes No	
The contract requires, in addition to B*) “Fees Gauge Collaboration”, two additional specified trust funds Income: 7.0m, 8.7m, 6m X	
C*) The company (Taxpayer) Claims not agree that information “related or generated by” NTU Tax Gauge Collaboration. Laboratory is in charge of providing the commissioned activities may be reorganised into groups for publication in academic or management/technical related journals. Yes No	
D*) This form is prepared by applicant, with the copy signed by the customer and sent by the Laboratory. Once signed and stamped by the authorized representative of both parties, it shall be considered as a formal contract.	
Laboratory Declaration:	Laboratory / Resident:
1) Importantly is the most important principle in all activities such as testing and calibration performed by the Laboratory. Confidentiality is the protection of the customer's propriety information and rights when the laboratory carries out its activities. In addition to demonstrating technical competence, the laboratory maintains integrity through top management commitment and improvement in organizational structure and management, and has established confidentiality policies and procedures. 2) The main gauge calibration services provided by the laboratory are service-oriented. In addition to meeting, with high precision, objectivity, responsiveness, and rigor, to safeguard the quality of our services in terms of time and to help improve the quality of service data, the laboratory also, from an economic and social perspective, respects customers' property and ensure the laboratory to analyze and solve information collected during calibration. 3) The laboratory is committed to providing the highest quality services for publication in academic or management/technical related journals, saving time and cost for the public and fulfilling its social responsibility. 4) The laboratory is committed to not copy or reorganise the data, plans and files for free to access via Service Calibration phone: 0662-21956204.	Signature / Stamp:
After this form is completed, two copies shall be prepared, one retained by the customer and one by the Calibration Laboratory. ¹³	

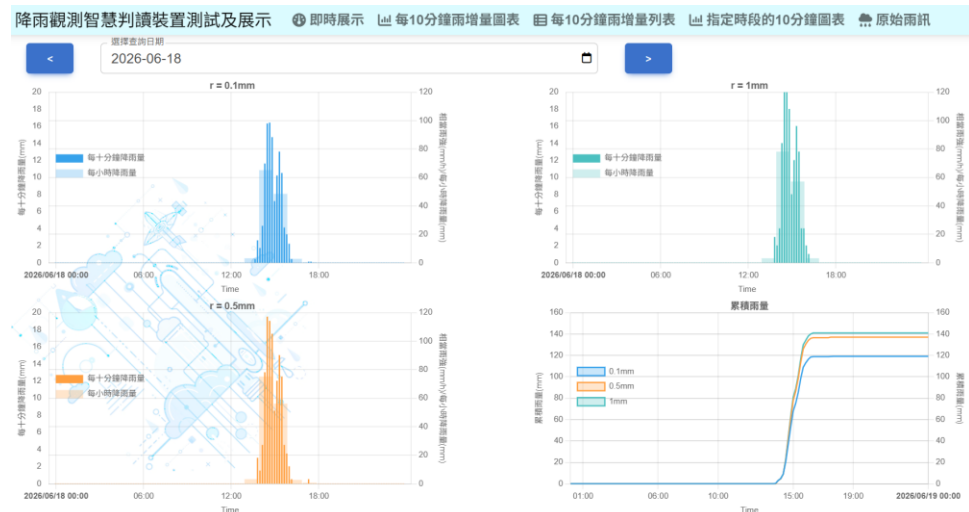
雨量計現地查核系統



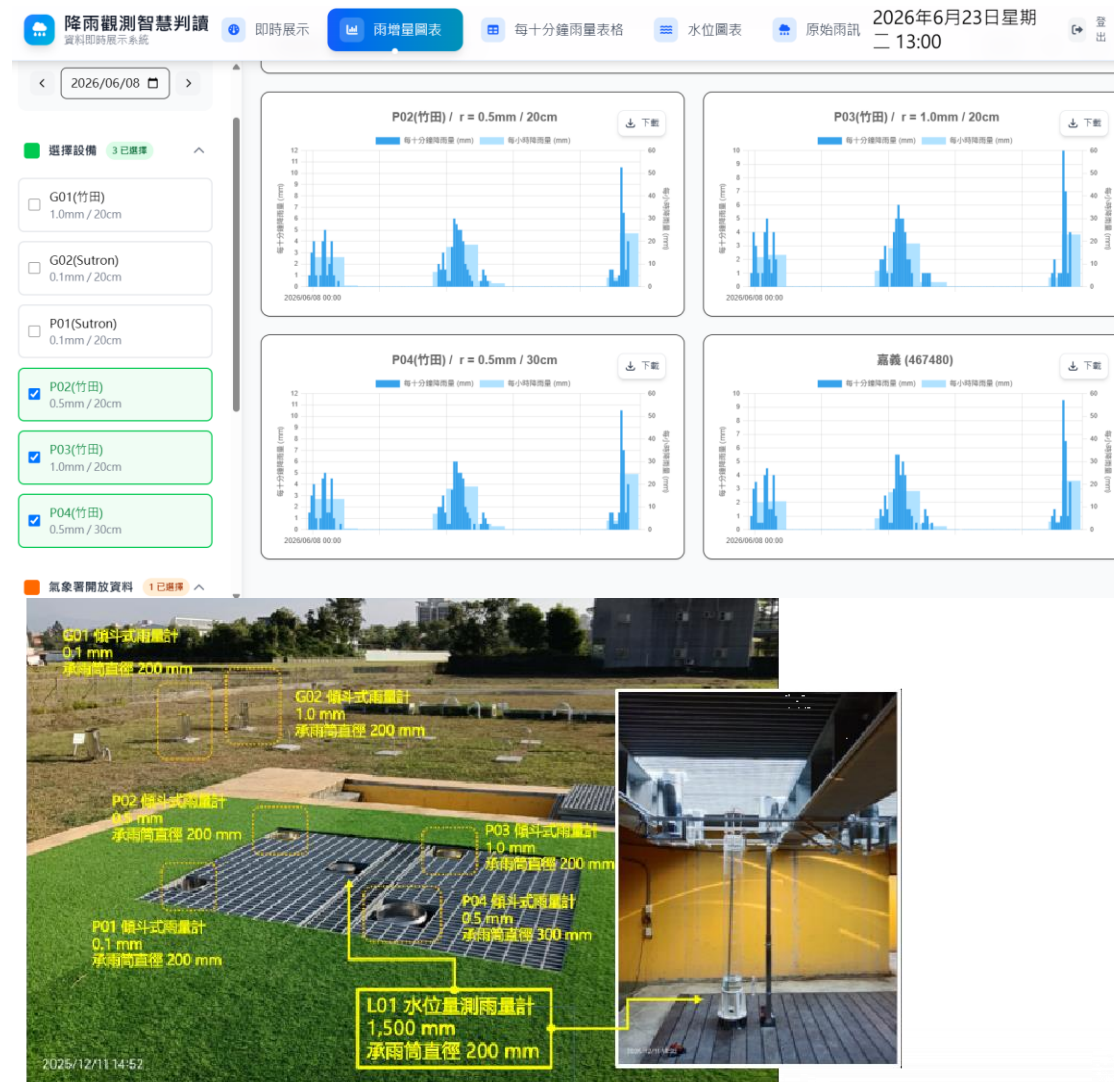
臺大雨量計校正實驗室以自身深耕於降雨觀測領域，及12年ISO確保品質的經驗，開發一套系統化的品質管理機制(Quality Assurance)，從測站軟硬體開始、到產出資料的所有過程，各項工作流程建置以符合規範與程序，全面確保量測值的準確及有效性。

- ※提供第一線降雨觀測團隊，能在現場診斷問題、留下記錄。
- ※查核雨量計量測器差、檢核測站設備狀況及紀錄環境條件。
- ※查核結果透過手機上傳至「測站查核協作系統」，俾相關主管機關透過雲端、掌握轄下測站及雨量計狀況，達到主動管理目的。

智慧型多感測器降雨觀測



本實驗室頂樓降雨比對試驗場(定期校正)



嘉義氣象站雨坑，了解風對雨量捕集的影響

