

出國報告（出國類別：其他）

## S 頻段雙偏極化都卜勒氣象雷達儀 廠驗

服務機關：交通部中央氣象局

姓名職稱：張保亮簡任技正、張博雄科長

派赴國家/地區：日本川崎市

出國期間：107 年 10 月 15 日 ~ 107 年 10 月 19 日

報告日期：107 年 12 月 18 日

# 摘 要

此次赴日本之目的，係為配合中央氣象局七股雷達站新購 S 頻段雙偏極化都卜勒氣象雷達儀之廠驗作業，並針對近年固態氣象雷達、雙偏極化雷達之維運與技術發展情況，以及氣象雷達觀測技術發展進行了解。前揭新雷達儀由西班牙 GECI Espanola S.A 公司得標，日本東芝(Toshiba)公司製造，107 年 10 月已完成該雷達儀製造，由製造廠通知本局辦理廠驗事宜。

S 頻段雙偏極化都卜勒氣象雷達儀廠驗時程共計 5 日，首(15 日)日廠驗團隊抵達日本，立即就本次雷達廠驗程序及固態雷達發展狀況進行討論，並就重點檢測項目達成共識；16 日抵達雷達製造廠，與代理商、製造廠工程師討論廠驗程序及注意事項，接著進行雷達儀天線、發射機、接收機等主要設備之外觀及機械功能測試；17 日進行發射機與接收機之電磁波發射及接收測試，對於電磁波特性及申請無線電執照之所需規格進行檢測，並進行系統整合測試及雷達軟體檢視；18 日對於廠驗測試結果進行討論，並就新建雷達塔與雷達儀安裝介面之規格及安裝時程進行討論。最後一日(19 日)廠驗團隊就廠驗結果討論及確認後返國。

本次赴日效益在了解固態氣象雷達軟硬體發展現況，並確認採購之雷達儀是否符合規格。同時也了解該國雷達維運之經驗，做為本局在各氣象雷達站建置完成後之作業應用與營運規劃參考。

# 目 錄

摘要.....	1
目錄.....	2
一、 目的.....	3
二、 過程.....	4
1. 概述.....	4
2. 廠驗過程.....	5
三、 心得及建議事項.....	8
附圖.....	9

## 一、 目的

此行目的主要係為配合中央氣象局(以下簡稱氣象局)七股雷達站新購雷達儀之廠驗作業，該雷達儀採用最新固態電磁波發射機技術，亦為當前第一部固態 S 頻段雙偏極化氣象雷達儀。同時亦針對近年固態氣象雷達、雙偏極化雷達之技術發展情況，以及氣象雷達觀測技術發展進行了解。偏極化氣象雷達在了解劇烈降水系統的三維動力及雲物理場的特性扮演重要的角色，此行同時也了解日本雷達資料品質管控及處理，以及都卜勒風場的應用現況，藉以做為處理及應用相關研究資料時之參考。

氣象局現正進行七股雷達站更新遷移計畫，雷達站房主體建物預計將於 108 年底前建置完成，接著進行雷達儀安裝。七股雷達站 S 頻段新雷達儀由日本 Toshiba 公司製造，製造地為日本神奈川縣川崎市。此次於 107 年 10 月 15 日至 19 日赴日本雷達製造廠參與新購雷達儀的廠驗作業，除透過雷達製造廠現場測試，以驗證採購之雷達儀的功能與效能是否符合規格要求外，亦藉由參訪行程了解該國氣象雷達在防災應變及雷達維運之經驗，希望透過建立穩定且高品質的雷達作業環境，提升雷達資料處理與應用的細緻度，強化對劇烈天氣伴隨豪大雨之監控，爭取應變措施之預警時間，同時強化對於雷達軟硬體的技术交流，以提升氣象雷達在天氣監測預報的應用與災害防救效能。

## 二、 過程

### 1. 概述

本次雷達廠驗(Factory Acceptance Test: FAT)舉行地點為東芝(Toshiba)公司位於日本川崎市(Kawasaki)的工廠，為雷達儀製造完成後之首次功能檢測，將於雷達儀運抵七股雷達站址安裝後會進行再次檢測。本次我方的廠驗團隊人員有氣象局簡任技正張保亮博士、第四組雷達科科長張博雄博士、國立中央大學大氣科學系廖宇慶教授、中國文化大學大氣科學系張偉裕教授、美國 University of Oklahoma Advanced Radar Research Center (ARRC)的 Prof. Robert Palmer、Prof. Tian-You Yu (俞天佑)、Dr. Boonleng Cheong (章文龍)，均為雷達氣象及電子領域之專業人士；而製造商方面參與成員，包括西班牙 GECI Group 的 Francy Lorena Martinez Clavijo、Jose Carlos Toajas Ballesteros，日本東芝(Toshiba)司的負責工程師 Naoki Anraku (安樂直樹)、Masakazu Wada (和田將一)等。

廠驗團隊人員於 10 月 15 日分別由臺灣及美國抵達日本，當日即討論參訪及雷達儀廠驗事項，並就重點檢測項目達成共識。第二天(10/16)的行程包括流程說明及相關文件檢視(圖 1)，然後至雷達製造工廠內實際測試天線的機械性能與指向精確度，檢查天線基座的結構，以及固態(solid state)發射機的功能，尤其是發射機的電磁波頻寬(圖 2-圖 4)。第三天(10/17)的工作為繼續檢測發射機的穩定性、接收機靈敏度及測試訊號處理器的性能，包括最低可量測訊號強度、動態範圍、地形雜波濾除、遠端開機與關機、以及雷達觀測變數產品展示介面的檢查(圖 5-圖 6)。第四天(10/18)的廠驗進度為雙方根據前兩天檢測項目需補充的部分再進行討論，並由雷達製造廠提供最新量測的相關數據。第五天(10/19)上午參訪人員進行本次參訪及討論廠驗之固態雷達儀相關檢測，並於當天下午各自搭機返國。此次參訪及廠驗過程中，對於此新型雷達的許多重點項目都進行了檢驗，雷達製造商東芝公司也配合廠驗提供了鉅細靡遺的相關資料，爰對於此型雷達性能有充

分了解。

## 2. 廠驗過程：

10月16日:10月16日：雙方人員介紹(圖 1)、說明廠驗流程、檢視相關文件。

先以目視的方式檢查天線(圖 2)反射面的結構，同時檢驗製造商提供的天線外型(antenna pattern)，亦即沿反射面上能量分布的曲線，是否合乎製作規格，接著檢測天線的表現，包括 3 dB 波束寬、天線增益、側瓣能量、正交極化隔離，以及水平與垂直極化波束的校準等。檢視天線基座 (圖 3、圖 4)：先以目視檢視基座的完整性與運轉靈活度，接著選定幾個仰角量測天線轉速(2,4, and 6 RPM)，結果顯示天線轉速正確。天線在沿方位角方向的指向準確度，經由基座上的刻度及操控電腦上的顯示數字加以確認。天線在沿仰角方向的指向準確度，則主要以目視檢驗，並未發現問題。天線進行了扇形掃描測試，也以一種事先設定的標準 VCP 策略執行掃描。基本上天線基座的運轉非常流暢，天線也進行了 90 度仰角的垂直掃描，以應日後雷達調校時所需，天線的安全機制亦經過確認。發射機：發射機表現的測試，是使用由功率放大器後端導波管所擷取回送的訊號來進行。發射的頻率經由一個計數器來確認，測量到的長波與短波頻率，數值分別在(水平偏振：2834.822 MHz 與垂直偏振：2834.823 MHz) 以及 (水平偏振:2837.258 MHz 與垂直偏振:2837.265 MHz)，都在規格要求之上。發射的功率峰值是在數種以不同脈衝往復頻率、脈衝寬、脈衝壓縮方法(如：非線性調頻與線性調頻)交叉組合的情況下所量測的，結果顯示測量到的功率峰值超過要求的 5 kw，而兩個極化方向的功率差值也在要求的 0.2 dB 之內。此外，各種脈衝寬與脈衝往復頻率的精確度也在誤差範圍內。

**10月17日:**為了測試發射機(圖 5)系統的可靠度與穩定度，發射機自前一天開始整晚不關機，然後在與前一天相同的各種組合下於今日再度量測，水平與垂直極化方向的功率峰值，最後得到與前一天一致的結果。接收機(圖 5)量測的重點是最低可量測敏感度(minimum detection sensitivity, MDS)及動態範圍(dynamic range)，量測的方式是改變饋入接收機訊號的強度，然後量測與其對應的接收機輸出。在兩個極化方向，MDS 的範圍在-115 到 -110 dBm 內，優於規格要求的-108 dBm。由兩個各為高增益與低增益頻道組合後所量測到的水平與垂直動態範圍，比規格要求的 97 dB 為佳。兩種抑制地形雜波的方法(IIR 與 Gaussian Model Adaptive Processing :GMAP)也使用發射機回送的訊號加以測試。在雷達的 A-scope 顯示圖上，這個地形雜波被濾除得非常乾淨。當輸入訊號產生器的頻率增加時，濾除雜波的效果會如預期地微幅降低。此外，濾除靜態地形雜波的功能也經過確認，製造廠商也示範了使用 SZ2 來修復二次回波。在雷達儀的監測與控制功能方面，藉由關閉相關的子系統，來測試系統對於自身狀態的監測能力。此外也成功地操作了遠端關機與開機的功能。產品視覺化的展示(圖 6)是使用另一座雷達的資料，各式的雷達產品可以藉由圖形使用者介面(Graphical User Interface : GUI)，顯示在不同的座標系統上(如: PPI 或 CAPPI)，以垂直剖面顯示的方式也由廠商示範。我們發現產品展示與疊圖時系統的時間延遲過長，經詢問這個問題產生的原因是在測試當中，被選到要呈現的變數尚未產製完成，因此展示的軟體進入搜尋模式，只有當搜尋模式停止(約 90 秒)後，才能執行下一步視覺化的指令，解決方式是取消製作不需產製的變數。

**10月18日:**中央氣象局廠驗團隊與雷達製造廠討論了廠驗前提出的問題，東芝

公司針對氣象局所提問題逐項答覆，其中一個重要的問題是東芝公司如何協助氣象局量測會隨頻率變化的發射能量，因為這個量測結果對申請國內無線電使用頻率執照時相當重要。此問題在第一天提出，經過數天討論以及廠驗團隊即時與局本部聯絡以釐清若干議題，最後得以確認，東芝公司提供氣象局所需要的量測資料，如下圖 7 所示：從圖中可見，在 5MHz 的頻寬以外，相較於峰值(圖中標示 1 的位置)，功率已經低於 26 dB，這樣的能量分布已經合乎執照申請時的要求。

**10月19日:**上午參訪代表團的成員進行內部討論，確認已完成新製作的雷達儀廠驗項目以及後續要進行的工作，並於下午搭機離開日本。



### 三、 心得及建議事項

本次實地參與 S 波段固態氣象雙偏極化雷達之軟、硬體測試，並確認雷達儀製作符合氣象局之規格需求，同時也了解固態式發射機雷達之訊號處理與限制，有助於規劃未來掃描策略與應用。七股雷達站新購雷達儀為最新之 S 頻段固態雙偏極化雷達，其發射器(Transmitter)組件為固態(Solid-state)發射機，功率僅傳統發射機之 1.5%，但仍可達到相同之觀測結果。雖然其製作成本較高，但具有穩定、掃描快速且壽命長之特點，此外，固態雷達系統採用模組式發射機設計，因此當系統其中一組發射機出現故障時，可即時更換故障模組，讓整體雷達系統得以繼續正常運作，在更換過程中，雷達無須停機更換，可維持雷達的妥善率，此類固態氣象雷達儀也可做為氣象局未來更新雷達時之參考。

雖然目前固態氣象雷達儀製作成本較高，且使用頻道多以 C 頻或 X 頻較多，日本國內主要使用上述兩種頻道。氣象局所採購之 S 頻段固態氣象雷達儀，以相較於傳統雷達調速管為低的功率，仍可達到傳統導波管雷達儀之表現。未來七股氣象雷達儀更新後，將可採用雙偏極化觀測，配合氣象局之雨滴譜儀，將可提升雷達定量降雨估計技術，提供臺灣南部地區更精確之估計降雨量，彌補雨量站空間分布不足，提升土石流、水災及都市淹水之災防預警效能。



圖 1：與會雙方代表討論廠驗工作項目及檢視相關文件。

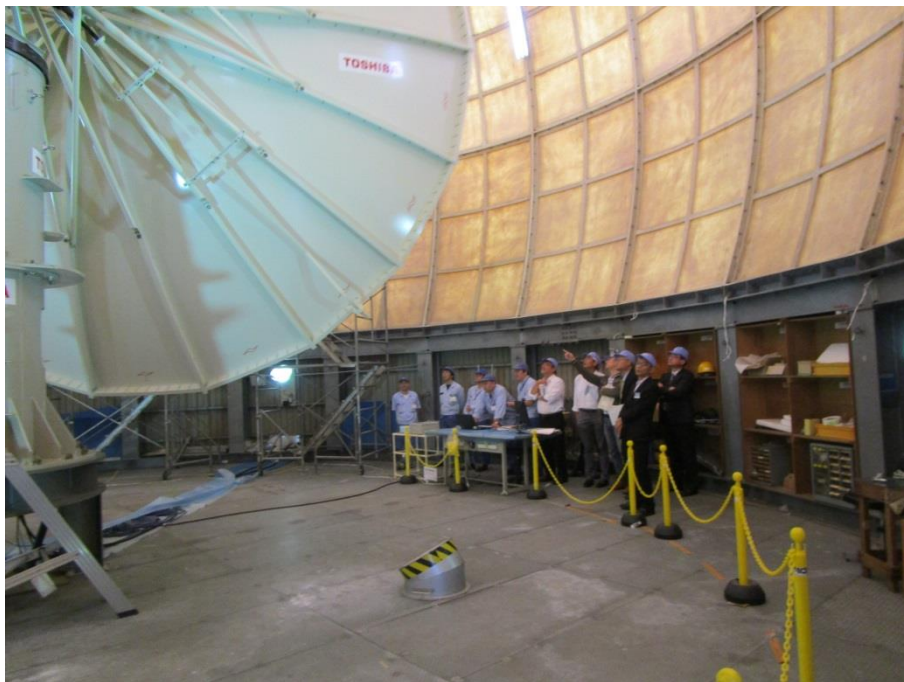


圖 2：檢視天線的運動與精確度。



圖 3：氣象局張保亮簡任技正聽取東芝雷達工程師解釋基座構造。

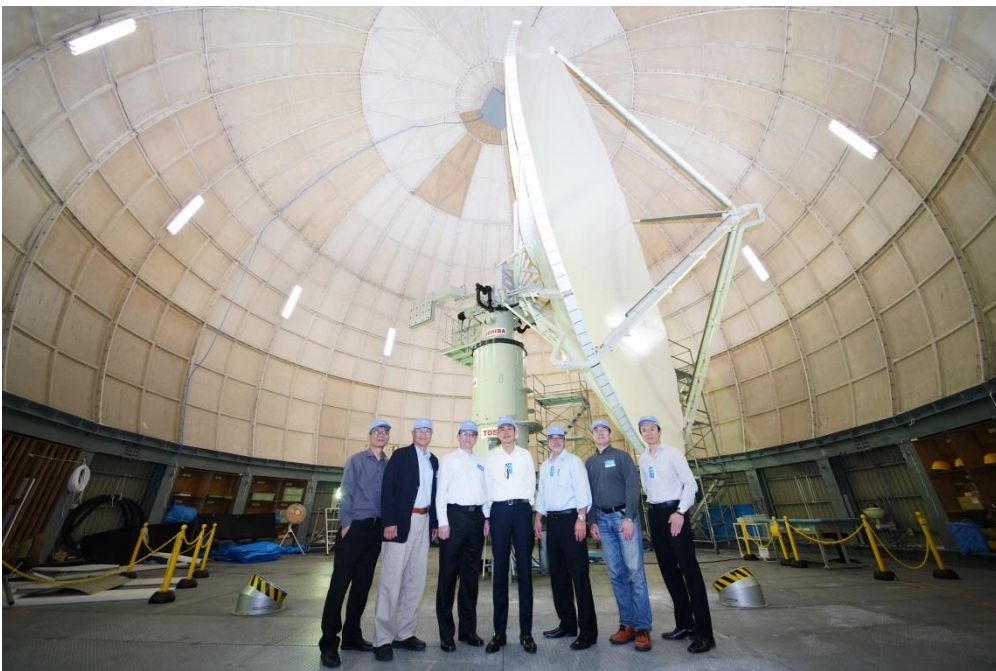


圖 4：中央氣象局廠驗代表團共 7 人於天線前合影。

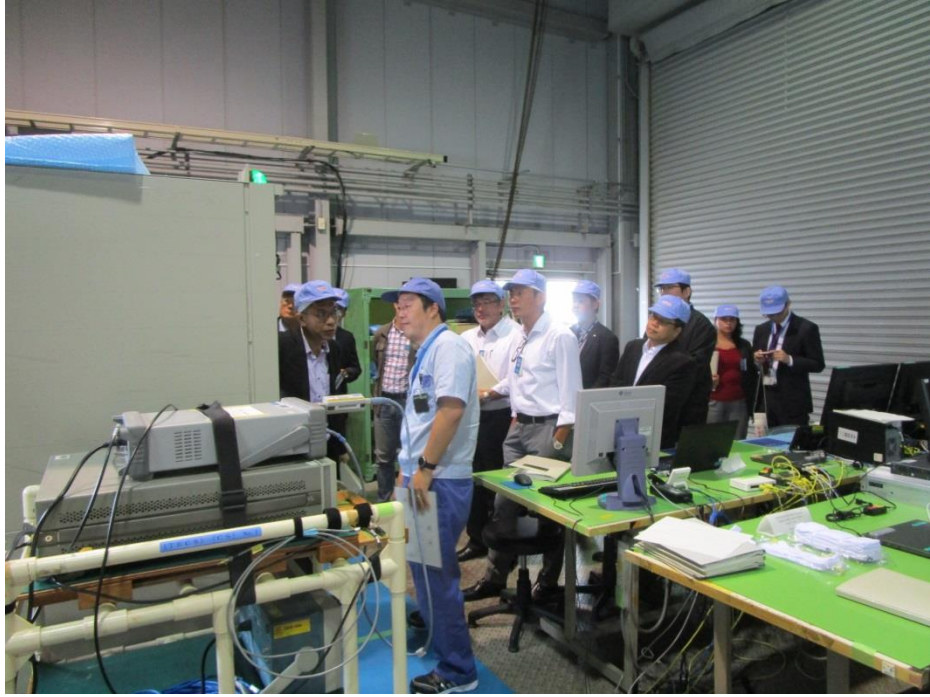


圖 5：東芝公司雷達工程師解釋發射機與接收機的結構及性能。



圖 6：檢視雷達觀測變數產品的展示介面。

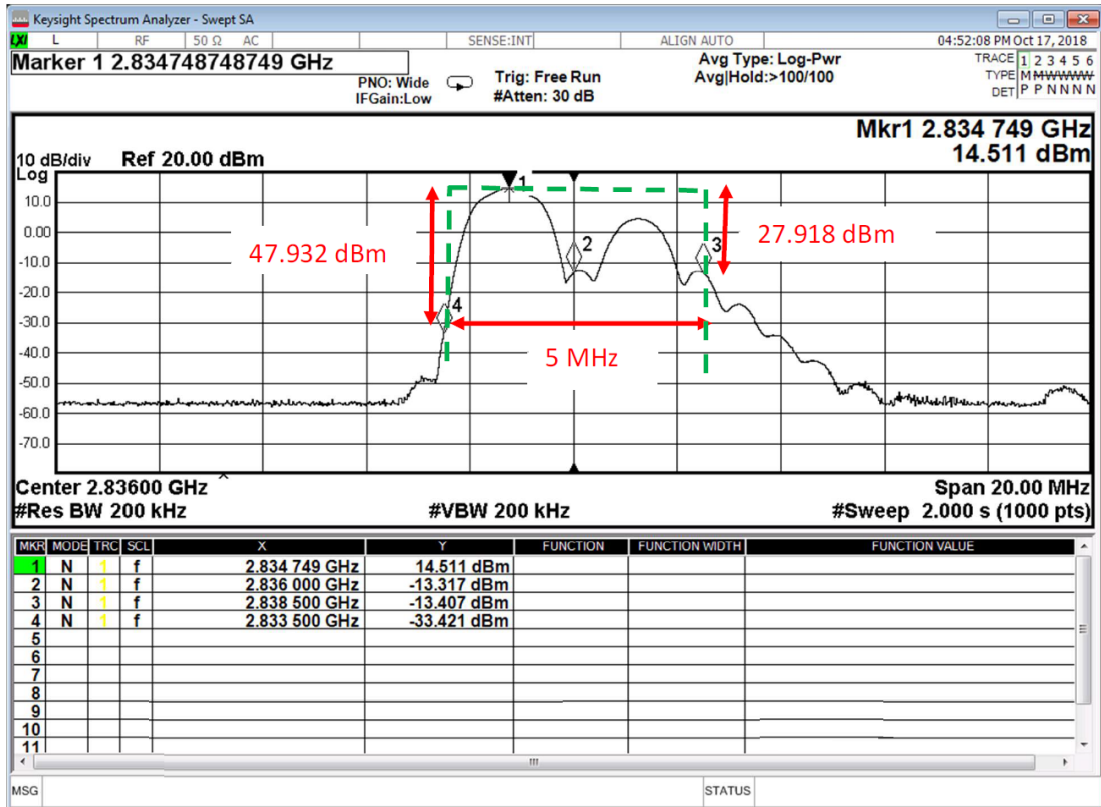


圖 7 雷達儀電磁波 S 頻段發射頻譜結果，以用於無線電執照申請。