

日本新東京國際機場航空氣象觀測設施系統

蕭 華

Aviation Weather Observation System at New Tokyo International Airport

Abstract

Since the purpose of the aviation weather service is to contribute to the safer and more efficient traffic of the aircraft, the required weather information should be observed, analysed and reported as soon and accurate as possible. The modernly designed Aviation Weather Observation System (AWOS) which is presently installed and used in New Tokyo International Airport at Narita is a complete set of the remote sensors, indicators and recorders for each runway in the airport. The sensors are installed in the field near the runway ends and their extended area except the pressure gauge. The indicators, recorders and signal converters are mounted on the panel of standard size which are installed in the cabinet housing. There are three kinds of apparatus in the system:

- 1) Central weather information collection apparatus in the weather observation station.
- 2) Signal receiving and conversion apparatus in the equipment room.
- 3) Branch information apparatus at the remote rooms such as the weather forecasting room, tower and airlines offices.

一、前言

自噴射民航客機問世，十數年來，民航業務蓬勃發展，飛航需求，漸趨嚴格，飛航設施，日新月異，航空氣象測報設施亦隨之更新，人工改成自動，電腦替代人腦，求其精確可靠與快速傳輸。

我國桃園國際機場積極興建，並且希望超過國際水準，航空氣象測報之裝備為飛航設施之一環，自必求其現代化，自動化與電腦化。觀於日本成田（Narita）新東京國際機場現代化半自動化之航空氣象測報設施，新穎實用，深覺值得深入瞭解與研究，將來對於我桃園國際機場之航空氣象測報系統可能具有參考之價值與借鏡之效用。

民國六十四年十月作者應日本成田新東京國際機場航空氣象台籌備處主任新井重男（Shigeo

Arai）先生之正式邀請，參觀該機場現代化之航空氣象觀測系統（Aviation Weather Observation System），身入其境後，始知新東京國際機場第一期工程已於1972年興建完成，各項助航，通訊，氣象，場站乃至地面交通設施，均已架設佈置竣事，機場隨時開放，設備隨時操作，飛機能以立即開航，可是由於對外輸油管之架設及附近居民之反對等問題，未獲解決，迄今五載機場尚未開放使用，然而航空氣象觀測業務，業於1972年開始實施，故該次前往參觀，得以窺其全貌。

二、新東京國際機場航空氣象 觀測設施概要

航空氣象測報之目的在直接或間接供應氣象資料給飛航人員與航管人員，以加強飛航安全與飛行績效。飛航操作對於氣象資料之需求，已在國際民

航組織 (IACO) 航空氣象業務程序 (PANS—MET, ICAO) 附錄 G (Attachment G) 表中關於氣象觀測要素，氣象觀測地點，氣象觀測精確程度以及氣象資料傳輸方式等之規定，逐項列舉，世界氣象組織 (WMO) 國際航空氣象業務技術規程 (Technical Regulations, MET Service for International air Navigation, WMO) 也有同樣規定。日本成田新東京國際機場之航空氣象設施即係根據上述兩國際組織之規定來設制的，僅有一小部份氣象儀器之按裝地點，因配合實地環境，不得不略有變更，至於氣象資料之供應方式及各航空公司接收資料之處理辦法，因該機場尚未開放，實況難以預估，故停留在計劃研討階段中。

航空氣象觀測項目，主要為風向與風速 (瞬時與平均)，能見度，天氣，雲霧，氣溫，露點溫度，氣壓 (高度表撥定值) 及降水等，若依航空氣象觀測性質而言，復可分為兩大類：(1) 一地點之觀測

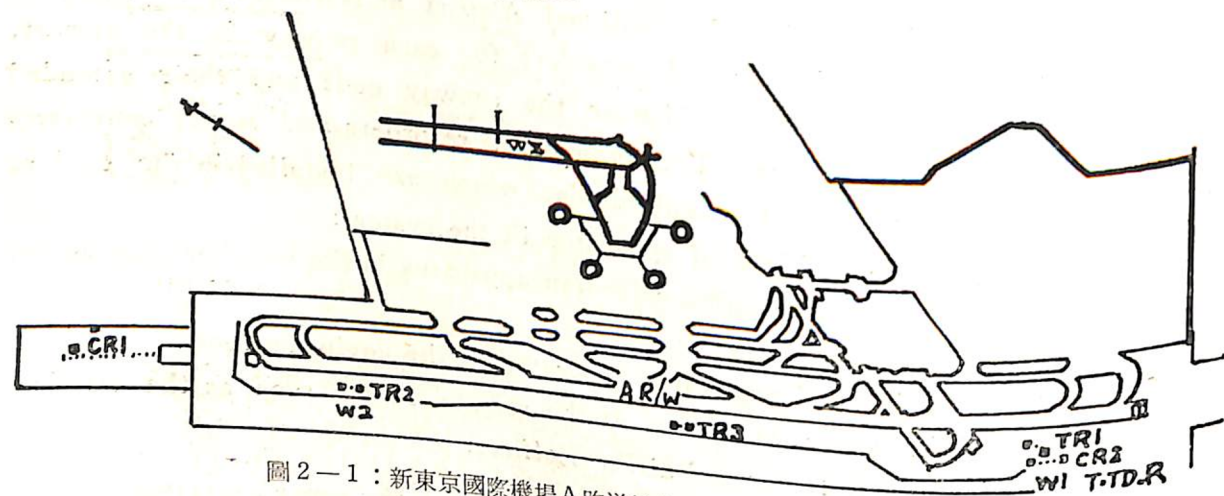


圖 2-1：新東京國際機場 A 跑道航空氣象儀器配置圖

各項儀器感應部份 (sensor) 之信號經電纜導入航空站管理大廈 (Airport Administration Building) 四樓氣象儀器裝備室 (equipment room)，經過變流器 (Converter) 後，復由電纜傳輸至各個氣象資料使用者指示器上與氣象觀測台 (十二樓) 指示器及記錄器上，其在塔台屋頂上之風向風速信號及高度表撥定值信號均直接傳送至氣象觀測台指示器與記錄器上，整個傳輸系統如圖 2-2。

三、雲霧儀

依照理想之飛航需求，應在跑道兩端之延長線上設置雲霧儀之投光器 (projector) 與檢光器 (detector)，可是成田新東京國際機場 34 號跑道頭因實地環境之限制，不得不變更設計，改將雲霧儀

值可以代表整個機場之情況者，(2) 局部性氣象顯示值代表範圍比較狹小而限於局部地區者，必需在不同適當地點，如各跑道兩端與跑道中央分別配置觀測儀器，分別測報各該局部地點之觀測值，以求其更準確更可靠更具代表性。日本成田新東京國際機場整個計劃有三條跑道，其第一期興建工程完成者為 A 跑道，另 B，C 兩條跑道尚在籌劃中，圖 2-1 為 A 跑道航空氣象觀測儀器之配置圖，在其 16 號跑道頭延長線上之中定位台 (middle marker) 附近架設雲霧儀 (CR1)，同號跑道頭着陸點 (touch down point) 附近架設能見度儀 (TR2) 與風向風速器 (W2)，在 34 號跑道着陸點附近架設雲霧儀 (CR2)，能見度儀 (TR1)，風向風速器 (W1)，氣溫露點溫度表 (T, T_d) 及雨量器 (R)，在跑道中央點附近架設能見度儀 (TR3)，另在管制塔台屋頂架設風向風速器。

(CR2) 架設在 34 號跑道頭着陸點附近，而離如 16 號跑道雲霧儀之理想位置。

新東京國際機場所採用雲霧儀 (圖 3-1) 之程式為日本氣象廳標準型 (JMA—CR66) 旋光雲底高度儀 (Rotating Beam Type Ceilometer)，由於性能佳良並穩定可靠，在日本各大國際機場均採用該廠牌雲霧儀，然而成田機場所使用者，較前更有改良，茲略述其改良部份：

(1) 因為新東京國際機場範圍廣大，跑道又長 (4000 公尺)，電信遙控回路更長，如果採用與以前相同之電纜，則操作使用會發生問題，故從事改良電纜規格與變更一部份遙控電源回路。

(2) 雲霧儀投光器之旋轉，平時應自動地在停止角度上停止，操作時如遇臨時停電等意外原因，無法於上述自動停止角度上停止，而剛巧在零度附近

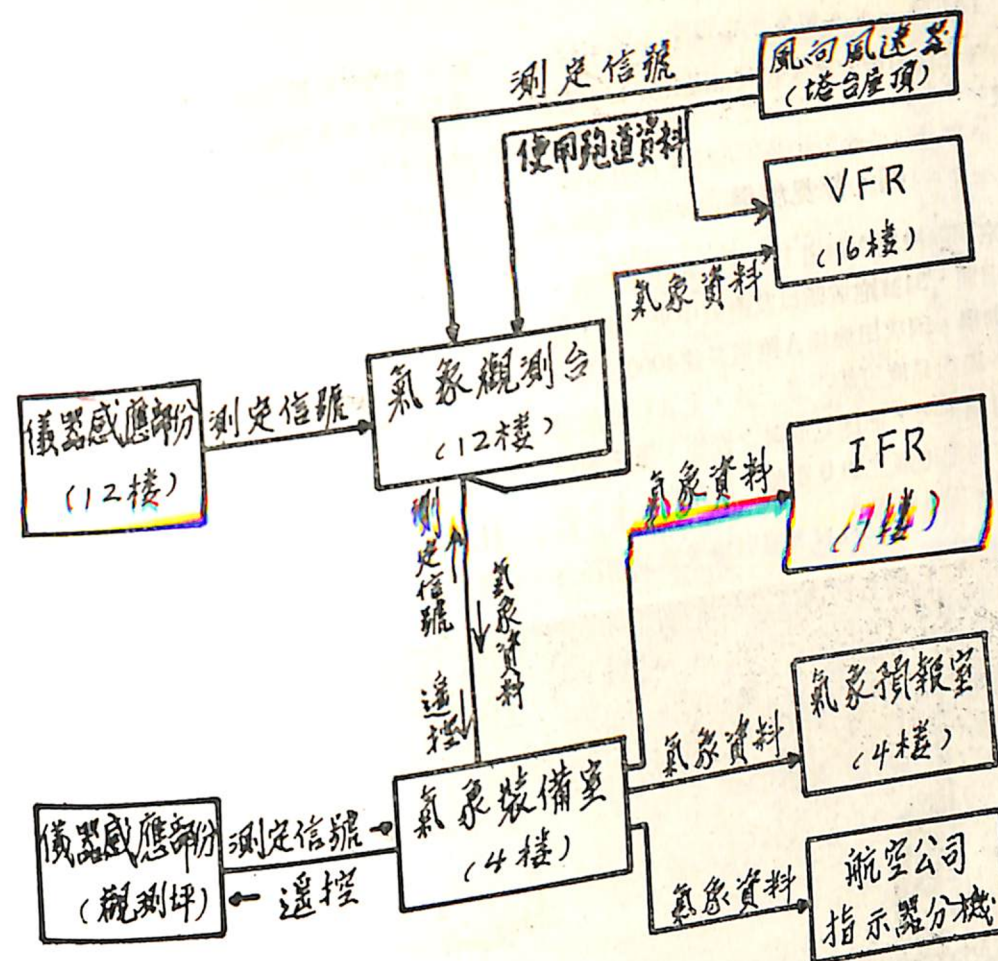
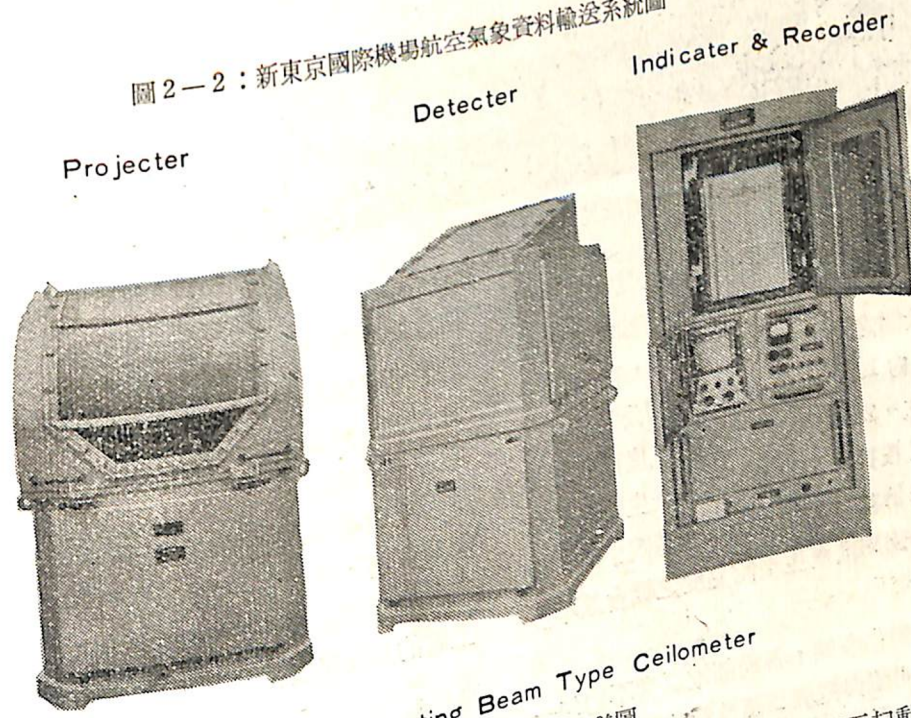


圖 2-2：新東京國際機場航空氣象資料輸送系統圖



雲底高度計 Rotating Beam Type Ceilometer

停止時，則遙遠之氣象觀測台無法使之起動。因觀測台距雲霧儀投光器所在地很遠，無法經常來往檢修，為補救以往缺陷，故在指示記錄器上添加停止角度顯示燈與再起動開關兩項裝置，即如果投光器旋轉之停止角度確好在零度附近時，停止角度顯示

燈會自動亮出紅燈，於是按再起動開關，就能強迫投光器重行旋轉。

新東京國際機場 16 號跑道與 34 號跑道兩套雲霧儀，各由氣象觀測台中之指示記錄器 (圖 3-1 之右方) 操縱，並分別在指示器上與記錄器上顯示雲

霧高度，另在氣象儀器裝備室（航空站管理大廈四樓）利用殘光性影像管來監視（monitor）雲霧高度之信號。

四、能見度儀

新東京國際機場A跑道上設置三組能見度儀，計16號跑道頭，34號跑道頭以及跑道中央三處，在日本尚屬創舉，因成田機場A跑道長達4000公尺，有時跑道各段能見度可能不盡一致，尤其於低能見度時差別可能更大，而能見度儀之性能，僅是測定儀器所在地局部地區之能見距離，並非能代表全場廣大範圍也，因此能見度投光器與檢光器間用75公

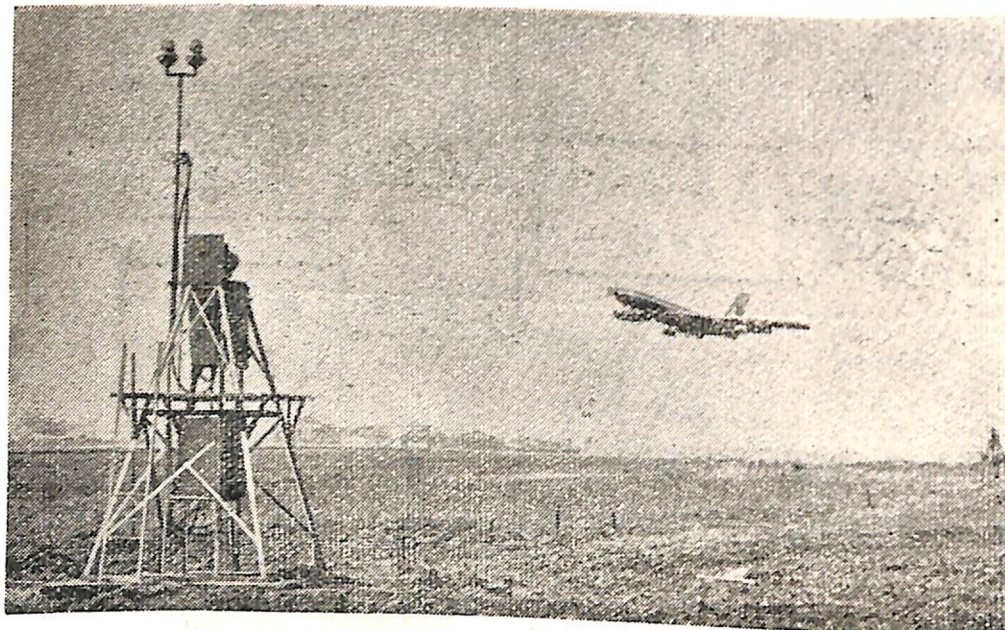


圖 4—1：新東京國際機場能見度儀全景

根據成田新東京國際機場有霧時能見度等級之出現頻率統計資料（圖 4—3），可知能見度在200—400公尺間之出現頻率約為1%，在400—800公尺間者僅約1.5%，在800—2400公尺間者約為6%，換言之，2400公尺以上之能見度出現頻率應為91.5%。又根據觀測記錄，霧的發生時間約有71%在早晨，其持續時間約有75%未滿四小時，由此更知成田機場因霧而產生壞能見度之機會並不多見。

因為能見度變化多端，各局部地區常不均勻一致，今後為便於明瞭與把握局部性短時間內視程障礙現象變化狀況起見，將來趨勢可能在跑道頭延長線上進場區的扇形地帶，架設一系列之能見度儀，俾全盤瞭解跑道頭進場區內能見度實況。

由三組能見度儀之投光器與檢光器間光線透過率信號，以脈波（pulse）傳至氣象儀器裝備室，

尺（250呎）為基線來求代表性之能見度資料時，勢必在跑道兩端與其中段設置三組能見度儀，則整個跑道上能見度情況才會瞭如指掌。

日本羽田（Haneda）東京國際機場能見度儀投光器與檢光器間之基線原為152公尺（500呎），後為配合飛航需求，將跑道視程（runway visual range, RVR）資料之最低標準值由300公尺降至200公尺，並配合第二類標準降落系統（Category II）起見，自1971年3月起將其基線縮短為75公尺（250呎）。目前成田機場儀降系統（ILS）採用第二類標準，故其能見度儀亦採用75公尺之基線（圖 4—1 與圖 4—2）。



圖 4—2：能見度儀指示器與記錄器

經變流器後再傳至氣象觀測台指示器與記錄器，同時脈波信號亦可用為計算跑道視程（RVR）之輸入信號，最後在跑道視程儀指示器與記錄器上顯示跑道視程數值。

成田機場A跑道上三地點所得之能見度與跑道視程資料，集中在一部記錄器上，每於有霧時，自三組能見度曲線之變動情形，更可以間接判斷跑道上霧的移動與濃淡狀況。

五、跑道視程儀

近年來國際民航作業對於跑道視程之需求日趨嚴格，最低視程距離已降至200公尺，其等級間距復細分為30—50公尺，故跑道視程儀（亦稱RVR變換裝置）之結構必須大幅改良，目前成田新東京國際機場所用之跑道視程儀為改良型之JMA—VA—70型（圖 5—1 與圖 5—2），其改良之內

容主要為：

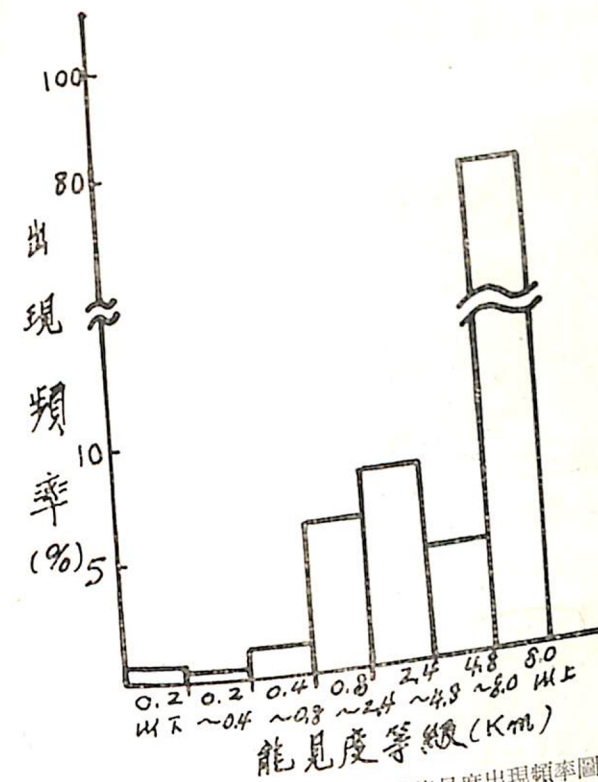


圖 4—3：新東京國際機場有霧時能見度出現頻率圖

(1)為使跑道視程儀（小型電子計算機）之體積縮小並提高其可靠程度起見，將原有之混合型積體電路（Hybrid 型IC）改用中型積體電路（MSI, Middle scale integrated）。

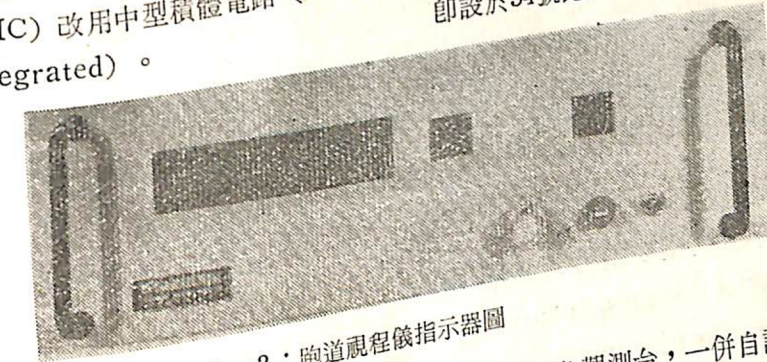


圖 5—2：跑道視程儀指示器圖

管制塔台屋頂也架設風向風速器，將來也可能在跑道中央地區，增置風向風速器，藉資測定跑道上各不同地區風向風速之可能差異，並相互校驗儀器之精確度。除塔台屋頂風向風速器之鐵桿毋須過高外，其在跑道兩端者均距跑道面上10公尺，測定信號經電纜傳至氣象儀器裝備室，再經放大轉送至氣象觀測台、塔台，氣象預報室以及各單位指示器分機。

氣象觀測台設置風向風速指示器及記錄器多種，例如瞬間值指示器與兩分鐘平均值指示器，瞬間值記錄器，兩分鐘平均值記錄器以及十分鐘平均風速記錄器等。其裝於塔台屋頂上之風向風速器信號

(2)原半導體方陣電路（diode matrix）改為積體電路（IC）。

(3)數字記錄增至21位，以加強使用跑道資料。

(4)統一輸出信號字碼為十進兩進位數碼（BCD, binary coded decimal）。

改良之結果，成田機場飛航單位紛紛要求能獲得跑道視程測定信號，故為了應付將來許多分機發送可靠資料，將其指示器分機增添下列功能：

(1)有表示所使用跑道號數之功能。

(2)有分機發送輸出放大之功能。

(3)有分機輸出選擇之功能。



圖 5—1：跑道視程儀變換裝置圖

六、風向風速器

國際民航組織規定風向風速器應設置在航空器經常起降地帶，成田新東京國際機場之風向風速器即設於34號跑道與16號跑道兩端之起降地帶，另在

亦傳至氣象觀測台，一併自計記錄之。但美中不足者，跑道區端風向風速器缺乏最大陣風（Peak gust）裝置，以致氣象觀測台及塔台無由獲知兩分鐘或五分鐘內之最大陣風記錄，因為飛航操作及航管作業均須明瞭陣風出現情況，此為成田機場航空氣象觀測設施之唯一缺點。

七、雨量器

測定雨量及其強度之儀器各稱為雨量器（guage of precipitation amount）及降雨強度計（guage of precipitation intensity），成田新東京國際機場之雨量器及降雨強度計均裝置於34

跑道頭附近之氣象觀測坪中，雨量器採用倒轉尖斗型，口徑為 200mm，信號用 1 pulse/0.5mm（即每 0.5mm 雨量構成一脈波）。降雨強度計採用光電式水滴計數型，口徑也是 200mm，信號用

1 pulse/0.0083mm（即每 0.0083mm 雨量構成一脈波）。該兩種信號經電纜傳送至氣象觀測台，雨量信號逐漸積算在電磁計算器上，降雨強度信號經放大變換後記錄在強度計上（圖 7—1）。

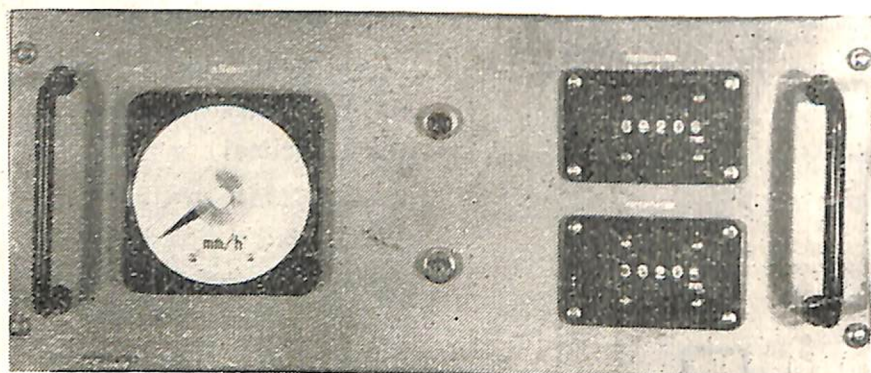


圖 7—1：新東京國際機場雨量及降雨強度指示器圖

八、溫度與露點表

成田機場測定大氣溫度及露點溫度之儀器不用傳統式乾濕球水銀溫度表，而水銀溫度表改用白金電阻表及大氣濕度儀改用氯化鋰（ LiCl_2 ）吸濕性

電阻表，均設置於34號跑道頭附近之氣象觀測坪中，儀器裝於鐵柱頂上，離地面 1.5公尺，其測定值變換成電流信號，經電纜傳至氣象裝備室，氣象觀測台，氣象預報室以及各分支儀器之指示器與記錄器（圖 8—1）。

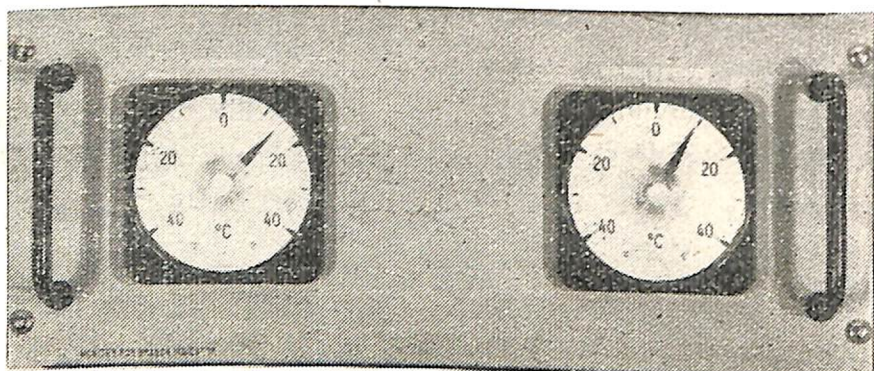


圖 8—1：新東京國際機場溫度及露點指示器圖

九、使用跑道選擇器及機場飛行天氣狀況指示器 (selected runway and field Weather condition indicators)

如果成田新東京國際機場三期興建工程計劃全部完工後，則將有 A、B、C 三條跑道，每一跑道將分別裝設助航設備與氣象儀器，飛機使用跑道之任一號跑道頭，規定由管制塔台指定，則氣象資料將以該一跑道頭之觀測值為準。故管制塔台設置跑道選擇控制器，在儀器起降控制室（ILS room），氣象觀測台及氣象預報室分別裝置跑道選擇指示器。

機場飛行天氣狀況區分為目視飛行天氣（VMC），儀器飛行天氣（IMC）與低於氣象標準

天氣（below minimum）三種，管制塔台根據當時天氣資料而判定飛行天氣狀況，成田機場塔台將機場飛行天氣狀況指示器與上述跑道選擇控制器共同裝置於一具儀表櫃上（圖 9—1）。

目前成田機場第一期工程雖僅完成 A 跑道，但於圖 9—1 中之指示器上却預留 B 跑道及 C 跑道兩指示器之位置，可見其遠程計劃之一斑。

十、航空氣象觀測儀表陳列櫃

以往航空氣象觀測台各種儀表之室內佈置缺乏一定型態，僅依觀測人員主觀之方便與喜愛而安排架設位置。由於近年來機場型態，氣象觀測台之位置與大小以及氣象儀器之日新月異等因素，致難預先整體配置，然而氣象儀器室由配置合理化與集中化之趨勢，已很明顯，例如最近日本新建之鹿兒島

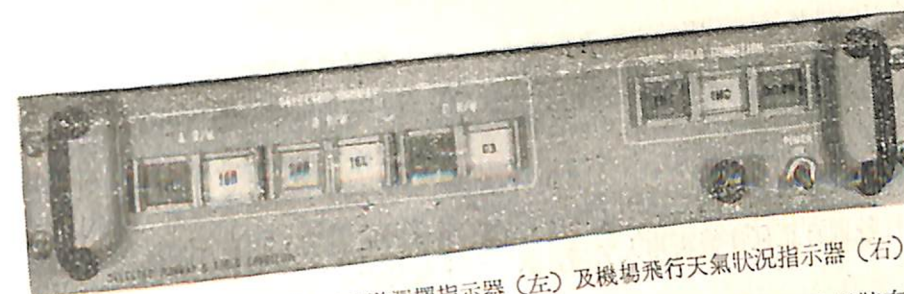


圖 9—1：新東京國際機場跑道選擇指示器（左）及機場飛行天氣狀況指示器（右）

與函館等機場之氣象觀測台，均各自獨立設計一種氣象儀表陳列櫃，即將所有各種指示器集中在一起，其主要觀點為氣象觀測員能在椅前座位上一目瞭然於各種指示器上之讀數，甚至各種儀表記錄器亦盡可能集中於一起，以便與其指示器相互校對。

但是機場範圍日趨廣闊，跑道數目逐漸增多，以及氣象儀器種類及數量亦隨之增設，致原有氣象儀表陳列櫃無法容納，故在設計新東京國際機場氣象設施時，即考慮到氣象儀表陳列櫃之構想，使各

種氣象儀器指示器與記錄器裝在標準儀表陳列櫃之標準空格（panel）內，構成整體有序之氣象儀表陳列，其優點為使儀器裝備便於增置，更換與維護保養，並改良過去各式儀表裝備雜亂無章既不整齊又不美觀之方式。

成田新東京國際機場氣象觀測系統將隨機場之遠程發展計劃而愈形複雜，所幸第一期工程完成 A 跑道之氣象觀測儀表陳列櫃（圖 10—1），已初步奠定儀表集中陳列之未來型態與規模，以後 B、C

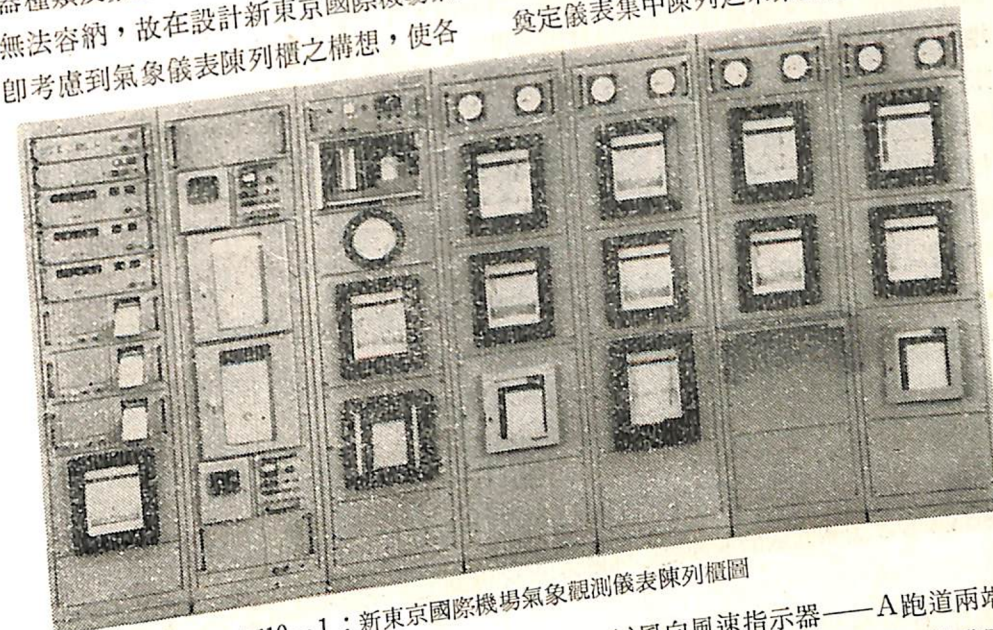


圖 10—1：新東京國際機場氣象觀測儀表陳列櫃圖

跑道興建完成，各跑道上氣象儀器之感應部份與觀測台之指示及記錄部份均將按預定型態裝設與陳列。

十一、航空氣象資料之分送

在成田機場，下列三種航空氣象資料除傳輸至飛航單位與氣象單位外，尚須預為準備信號放大器，以供各航空公司裝設機，茲簡介如下：

(1) 跑道視程（RVR）指示器——跑道視程係根據裝置在 A 跑道兩端及中央地帶三組能見度儀輸出之透射率信號，轉換成相當數字，以表示 RVR 值。其作業程序為由塔台決定使用跑道頭號數，氣象觀測台即將該跑道頭之 RVR 值送達各分機指示器上。成田機場 RVR 指示器擁有分機 50 台之最大容量，使用 10 對電纜，統由氣象裝備室輸出信號。

(2) 風向風速指示器——A 跑道兩端風向風速器信號（兩分鐘平均值）經由氣象裝備室送出，風向的 DC10~50MA 相當於 $0 \sim 540^\circ$ ，風速的 DC10~50MA 相當於 $0 \sim 60\text{M/S}$ ($0 \sim 120\text{kts}$)，成田機場風向風速指示器具備分機 50 台之最大容量，使用之電纜各為工蕊。

(3) 氣溫露點指示器——34 號跑道起降地帶氣象觀測坪中，氣溫露點信號經由氣象裝備室送出，氣溫與露點溫度之 DC10~50MA 各相當於 $-40^\circ\text{C} \sim +40^\circ\text{C}$ ，其指示器分機具有 50 台之最大容量，使用之電纜為工蕊。

十二、結 論

參觀成田新東京國際機場航空氣象設施圓滿結束前，航空氣象台籌備處尚介紹一種氣象資料集中

守視枱計劃，其主要構想為按國際航空氣象電碼（METAR）之順序排列，在集中守視枱之面板上用數字顯示各項氣象要素（即所謂 digital Weather display panel），並配合印字電路自動傳輸氣象資料至國內國外使用者之手中，而氣象觀測人員毋須進行各種訂正程序後再用人工發送氣象資料。

檢討日本成田新東京國際機場之航空氣象觀測設施，其整個系統雖然尚未臻於全自動化與數字化，顯示之境地，但其觀念已經相當嶄新完美，在使用效果方面，亦向前推進了一大步。今後為配合飛航業務之需求，使航空氣象服務更快捷更準確起見，無論在時間與空間上，都將會有更新之發展。

氣象預報與分析稿約

1. 本刊以促進氣象學術研究為宗旨，園地絕對公開。凡有關氣象理論，工作驗證，預報方法等創作性稿件，均竭誠歡迎。譯述以特優者為限。凡屬譯稿，務請詳註原文出處，出版年月及地點。
2. 來稿數字以不超過10,000字，即連同圖、表、英文摘要以不超過8印刷頁為原則。（有印刷費支援之稿件可不受限制。並可代印單行本。）
3. 來稿請附英文篇名，創作稿並請自撰200字左右之英文提要。
4. 稿中引用文獻，請註明作者姓名、書名、頁數及出版日期。
5. 來稿請以稿紙自左至右橫書清楚，文字務求簡明，並請加標點。
6. 附圖請以墨筆描繪，以便製版。
7. 本刊對來稿有刪改權，不願刪改者，請預先聲明。
8. 來稿請註明作者真實姓名，服務單位及通訊處，俾便奉寄稿酬。
9. 來稿如需退還者，請預先聲明，並請附足額退件郵資。
10. 惠稿請寄交臺北市郵政8693附1號信箱「氣象預報與分析」季刊社收。