

日本之水文作業與應用現況

行政院農發會第二處水利工程組工程師

黃 介 泉

一、前 言：

水文資料為水資源開發、管理與營運之基本資料為國家寶貴資產之一，所搜集的資料是否精確將影響國家水土資源的開發成果。為求提高搜集水文資料的精確度則有賴於各項水文觀測儀器的正確操作，資料的系統處理以及科學的水文分析。

日本之水文氣象觀測體系與臺灣地區相似，且近年來在各項儀器的研究、發展與製造方面進展神速，同時在水文資料的處理與分析方面也相當的進步，可供吾人借鏡之處甚多。行政院農業發展委員會有鑒於此乃透過經濟部國際合作處向日本交流協會申請，同意在『1979年中日技術合作計畫』項下，選派臺灣省水利局郭王珍、顏越壽、張薰芳、高天賜、農發會黃介泉等五人赴日研習「水文資料搜集整理、分析及儀器使用」，期就研習所得，返國推展業務。

在日本一個月期間，承蒙日本交流協會、中淺測器株式會社與建設省河川局等單位之經費與行政支援，使筆者等能順利的在日本各有關公私機構從事研習與參觀，並與有關之工作人員討論及交換各項經驗，且廣泛的搜集有關文獻，携回豐碩之參考資料。深感此行獲益良多，特將此行所學所見所感整理成本文，以就教於諸先進。

二、水文資料的搜集與處理：

1. 資料的搜集：

(1)傳統的自記或人工觀測：其觀測程序及步驟與臺灣目前之作業方式相似，但日方甚重視工作人員之訓練，除一般之水文作業講習訓練外，常以簡單的漫畫來闡述正確的工作方法，使工作人員易於接受，同時一般民衆或機關學校皆懂得愛護已設立之各類水文、氣象測站，並非常樂意接受委託代為觀測，使資料搜集之工作能順利進行，甚值得我國借鏡。此外各類之新式觀測儀器也到處可見，大大的提高了觀測精確度。

(2)利用自動計測電送裝置 (Telemeter) 觀測：由資料維護保管中心 (設於各主要河川工事事務所或水庫管理所)。在特定的時間間隔裏 (15分至 60分) 通知各自動計測電送裝置觀測站 (水位與雨量站)，將觀測結果電傳送回中心，自動儲存於電腦並將結果顯示於控制板，同時印成報表。在資料傳送與儲存過程中之步驟或功能如通知傳報，資料遞送至電腦，以及資料在控制版上的顯示，皆由中心之電腦終端機來控制，為一非常進步且甚有效率之資料搜集系統，可節省大量之人力。其系統傳送及運轉示意圖如圖一。

2. 水文資料處理：

採用一種能同時進行，且能即時及整批作業的電腦來處理水文資料。在即時作業方面，配合自動計測電送裝置，資料傳送至電腦後，將電傳訊號轉換成水位、雨量資料，而進行補遺、校正錯誤，並計算流量、水庫貯容量與時間雨量等，以及資料存檔之工作，同時依據資料來決定是否發生警戒警報。資料的查詢可隨時進行，並將結果以各式報表印出，此外如遇電腦故障時，資料則自動打入紙帶以避免資料缺失。至於傳統的自記或人工觀測所得之資料則委由顧問公司承包，經由打卡製成磁帶提出，再整批的納入各地方建設局之電子計算中心，經一貫作業後製成各項有關資料刊印供各有關單位參考。

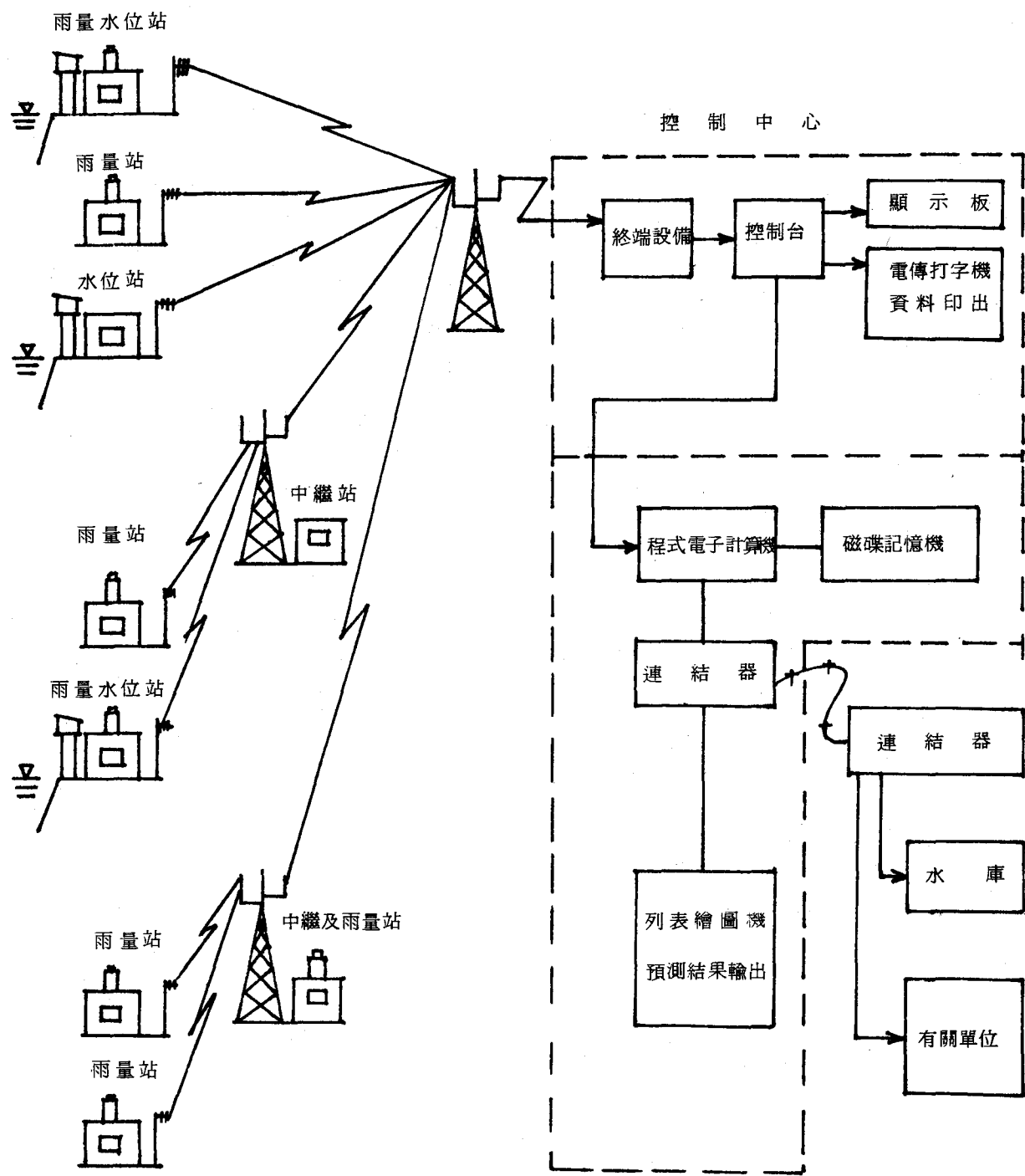
3. 資料傳送之流程：

水文資料傳送之流程以圖二表示，而各級管理單位之職掌內容則列於表一。

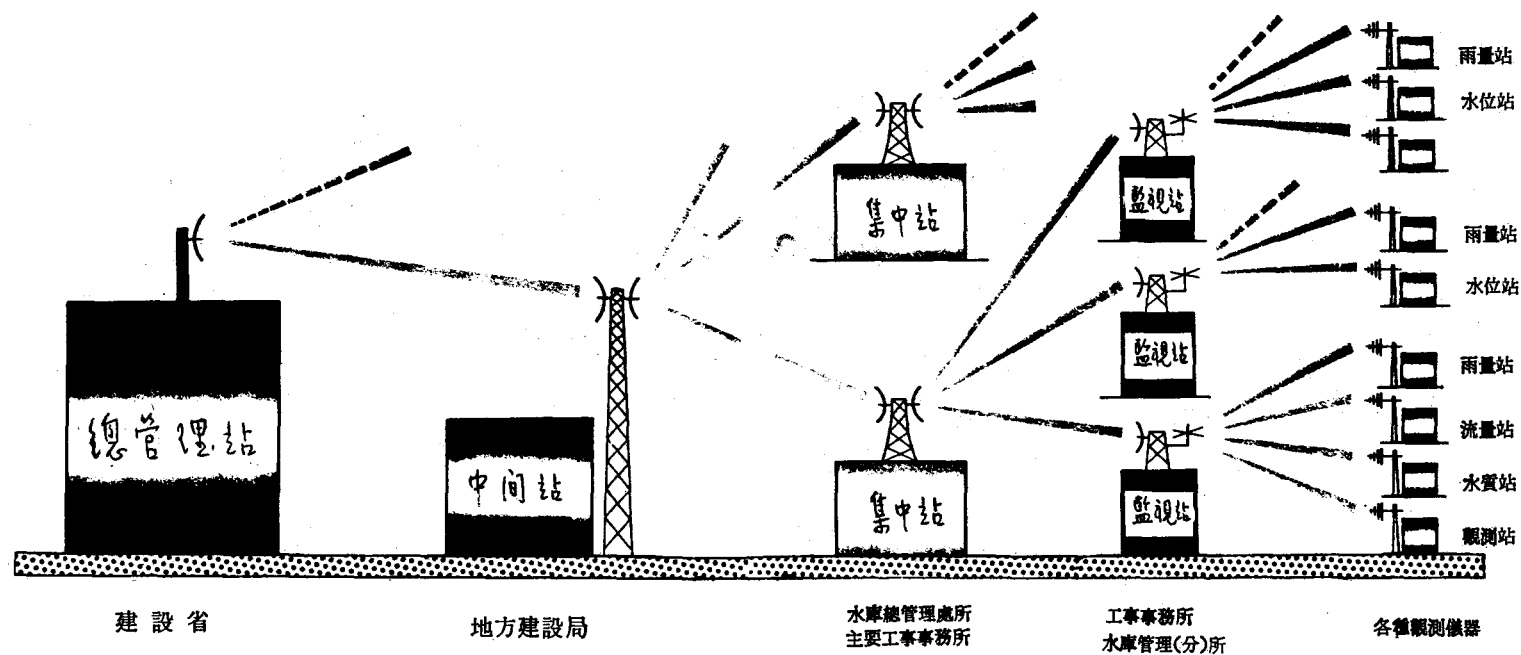
三、雷達雨量觀測系統：

1. 功能與原理：

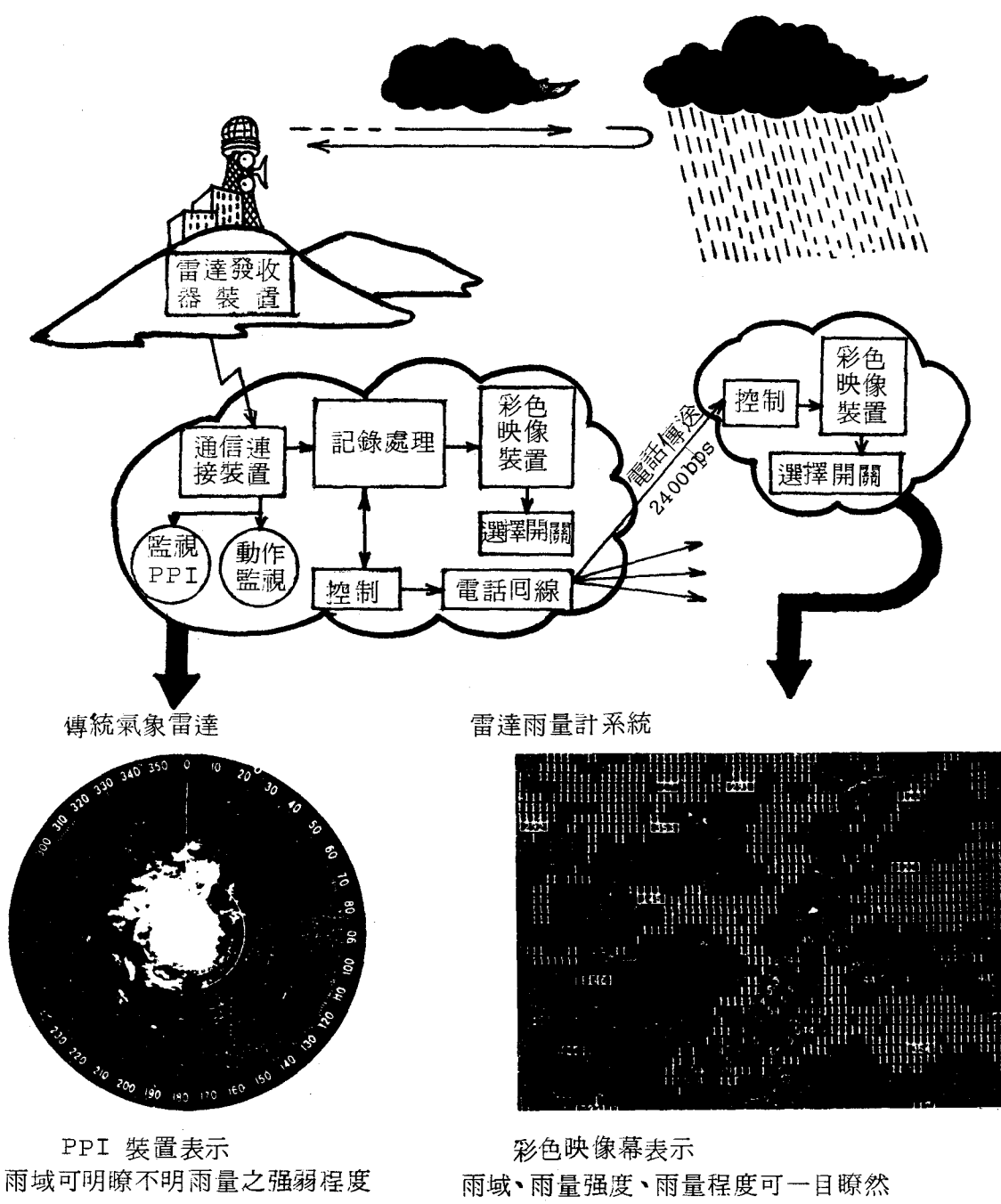
雷達雨量觀測系統的功能為迅速，且正確的測量雨量，以供水庫管理操作、防洪作業與道路管理之依據。其原理則利用「雷達公式」(當水滴之直徑與雷達所發出電波的波長相比甚小時適用)，當雷達天線迴轉向四周發射電磁波，電磁波向四周直



圖一：自動計測電送裝置觀測系統傳送及運送示意圖



圖二：日本之水文資料傳送流程



圖三：雷達雨量觀測系統

表一 日本之水文資料搜集處理作業之各級管理單位與職掌

管理單位	總管理站 (建設省)	中間站 (地方建設局)	集中站 (水庫總管理事務所 主要工事事務所)	監視站 (工事事務所 水庫管理(支)所)	觀測站 (各種觀測機器)
職 掌 內 容	接受各中間站之主要資料，並以整批作業方式處理，資料控制板顯示，資料建檔。	轄區內各集中站資料之搜集，各水系間之協調並提供資料以供管理決策之依據。 資料向總管理站與其他中間站傳送。 1.資料輸入： •接受各集中站之資料 •接受其他中間站之資料 2.處理內容： 主要資料之建檔。 3.輸出內容： •主要資料之時報、日報。 •主要資料控制板顯示。 4.傳送：主要資料向總管理站與其他中間站傳送。	本水系資料之搜集與綜合管理，資料向中間站傳送。 1.處理內容： •日報月報之統計處理。 •本站直管資料處理。 •本水系資料建檔處理。 •警報判定(流域平均資料)。 2.輸出內容(報表與顯示) •本水系資料之日報與時報。 •月報、年報 •接收資料，處理資料之表示。 3.傳送：本水系之主要資料向中間站傳送。	本站各種電送觀測資料之搜集處理，儲存與輸出，資料向集中站傳送。接受集中站轉來其他監視站之資料。 1.處理內容： •警報判定(水位、雨量、水質) •原始資料輸入處理。 •原始資料之演算流量、時間雨量、日雨量、流域平均雨量等。 2.輸出內容(報表與顯示) •本站原始與處理過之資料 •集中站轉來之資料 3.傳送：本站之資料向集中站傳送。	包含自動計測與電送自動計測裝備，資料向監視局傳送。 1.觀測資料： •水位 •雨量 •水質 •(流量) •水庫貯水，放水等。

線前進，遇雨滴反射回來後，依所接收之反射波的強弱，配合現地實測資料的驗證，來測定降雨的強度。圖 3 為雷達雨量觀測系統之示意圖。

2. 觀測範圍：

(1) 在半徑約 120 公里範圍內可定量的測出五分鐘降雨量：按傳統之雨量觀測系統，120 公里半徑範圍內，約需 10 個雨量觀測站，始可獲得代表該區域之雨量，並以徐昇多邊法 (Thiessen Method) 求得面積雨量；但如採用本系統，將資料處理後，則可得 5000 個以上之雨量觀測資料，相當於 5000 個雨量站資料，同時可正確求得降雨區域，五分鐘降雨強度，並可預測雨區之移動方向及消長。

(2) 在半徑約 200 公里範圍內可定性的測出五分鐘降雨的特性：分成極強雨、強雨、普通雨、弱雨等四級。

(3) 在障礙物(鐵塔、高山)後之地區則無法觀測：由於雷達電磁波為直進性，在前進中如遇高山或高樓、鐵塔之阻擋，則電磁波會被遮斷，而無法觀測，故雷達雨量系統之裝設，除須考慮設在雲層

下以外(換句話說不能太高)，尚須考慮地形地物之因素，以避免無法搜集所需資料。

3. 資料的處理與應用：

觀測所得之資料直接經電腦分析後輸入磁帶儲存，資料每五分鐘更新一次，做為基本資料。接着進行進一步的分析與處理，計算出整個地區以及各個流域內五分鐘雨量、時雨量、累計降雨量、降雨延時等，並使用彩色映象終端機，配以地區地圖將結果顯示出，同時透過公用電話系統將輸出結果立刻傳送至各有關水庫、河川與道路監理單位之彩色銀幕終端機，供為水庫管理、河川之洪水預報及道路之管理的依據。此外所有顯示出之圖表，皆能同時輸出影印本 (hard copy)，以供參考與應用。

4. 雷達雨量系統之成效：

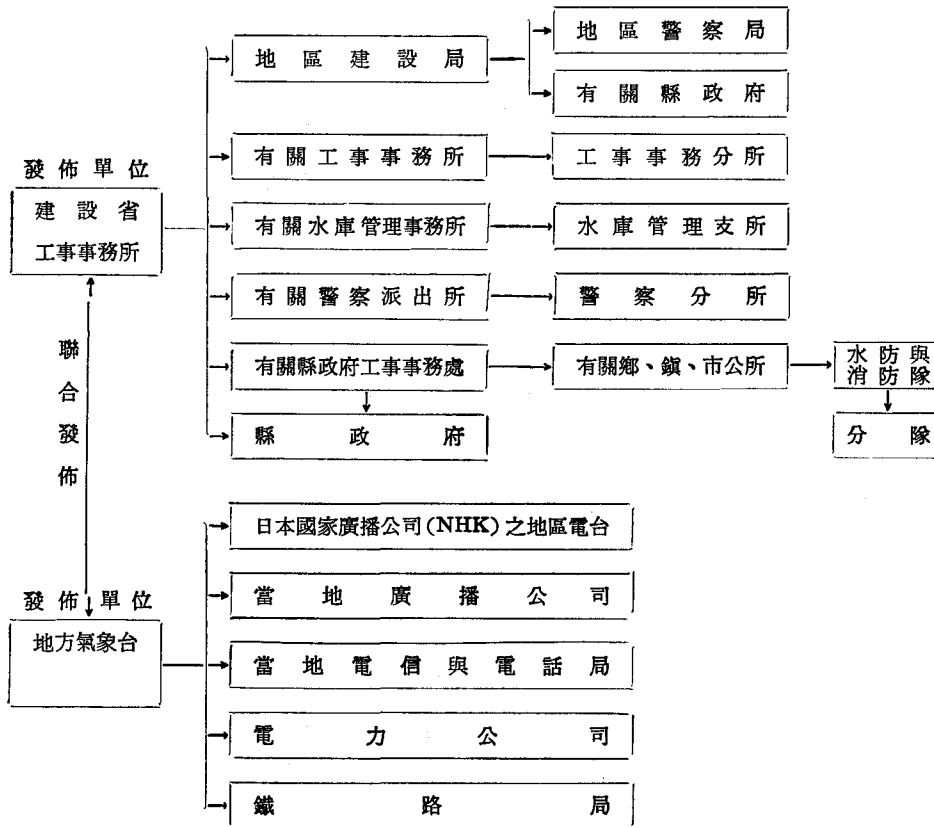
日本自 1967 年開始研究此系統迄今已十多年，並經多年的實地調查驗證，已達實用之地步，同時成果相當令人滿意。目前除關東地區(架設地點為赤城山與三峠山)之雷達雨量觀測系統已實際操作運用多年外，近畿地區之雷達雨量觀測系統也已開始在運轉，而北海道、九州等地區也計畫將逐年設

立此系統。

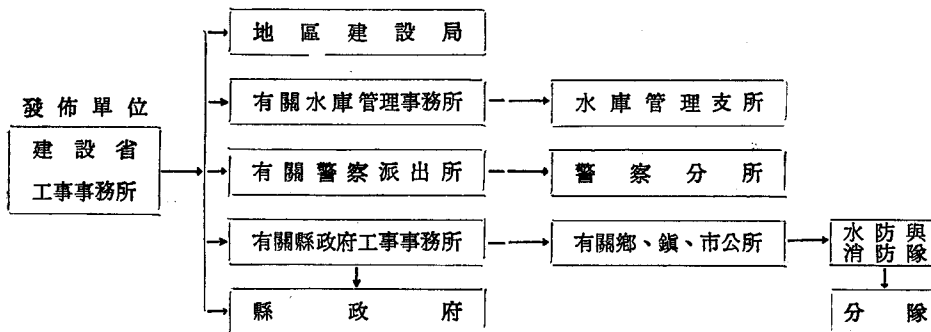
四、洪水預報系統：

日本之預防洪水警報可分為兩種：一為洪水預報，另一則為水防警報。其中一般地域性洪水預報係由氣象局單獨發佈，對於特別指定之重要河川，則由建設省與氣象局共同發表水位及流量預報。就業務的分工而言，氣象局負責依颱風路線預測降雨

量、流域內降雨分佈情況以及其他必要之氣象狀況；建設省則分擔提報必要地點之降雨量、水位、流量及水庫放流量等資料，來與氣象局交換資料並共同協議發表洪水預報。水防警報則由建設省單獨發佈，警告特定地區之防水管理團體，出動防止水災。警報發佈時須透過各種大眾傳播工具將消息傳達至防水機關、防水管理者及一般大眾。圖4與圖5分別為洪水預報與水防警報之警報傳送系統。



圖四 日本洪水預報之警報傳送系統



圖五 日本水防警報之警報傳送系統

在設備方面，除氣象局擁有之氣象雷達外，建設省本身亦有探測降雨的雷達雨量系統。同時在主要河川、水庫各重要地點亦設有電傳水位、雨量、水庫放流量等觀測設備。各項資料輸入電腦經分析後，並據之發佈各項警報，在各警戒區沿河皆設有廣播設備，並優先使用電視、電台及各種有線、無線電話，隨時將洪水狀況傳報。傳報設備齊全，傳報迅速效果甚佳。

除完善之設備外，日本於洪水預報及水防警報計畫（包含：(1)實施要領之策定如區域觀測通報方法及連絡方式等。(2)關係機關間之聯繫如地方氣象台與地方災害對策協議會間之聯繫等。）之擬定時，有周詳之法規可遵循，同時計畫擬定後，政府與人民皆能依法執行，使洪水預報的功能，能有效發揮。

五、河川與水庫管理：

1. 流量調節：

在洪水自然氾濫地區，劃定游水帶附加人工調節工程設施(調節池)來調節河川之尖峰流量以減低下游人口密集地區之洪水威脅。以關東地區利根川中游之渡良瀨游水池(調節池)計畫為例，該池用來調節利根川之尖峰流量，以減低東京地區之洪水威脅，該計畫現實施第一貯水池，其方法為在面積計有15平方公里的平坦地區，經由人工挖深6公尺使其貯水，將水源供給新規劃都市之公共用水，並兼具調節洪峰之用，為一多目標之水庫建設計畫，該計畫有三處貯水池現正進行第一貯水池的興建工程。

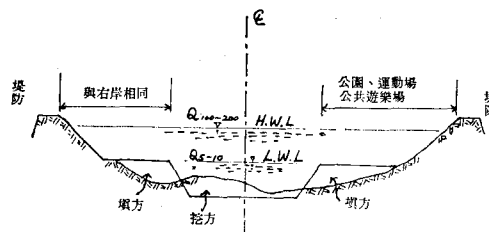
2. 流量分流：

為減輕本流洪峰負荷，給予河川治理，則考慮兼設放水路來分擔洪流，如北海道之主要河川石碕川於1880年遭受嚴重洪災後，即開始著重於防洪基本調查，並於1900年起將中下游一帶之蜿蜒河道總長365公里予以截彎取直，縮短為268公里(縮短97公里)以利暢通排洪。該河川由於河床坡度甚為平緩(約1/7000)下游部份長10公里為感潮河段，嚴重威脅排洪功能，且河口因潮汐，洪水與地形之影響，河川位置有由南向北逐段移動之趨勢，甚為不穩定，為防止海水倒灌及易於排洪，在河口段另行開闢新放水路及防潮閘門，以利排洪，同時防止鹽害，效果顯著。

3. 低水流路計畫。

將靠近堤防之流路施以填方，並在河道中央以頻率5~10年一次流量來規劃低水流路，並將中下

游河道整理成如圖6之斷面，除可保護堤防之完全外，尚可在堤前設置河道公園、運動場、停車場或遊樂場所等，以有效利用河川公地，至為美觀又安全，流經大板府之淀川河川公園計畫為一範例。



圖六 河川低水流路規劃斷面圖

4. 水土保持：

日本對河川上游水土保持工作甚為重視，在集水區內有系統地計畫、建造攔砂壩，來減輕河道及水庫的淤砂問題，如北海道之豐平峽水庫、渡良瀨川上游之草木水庫，於水庫興建前皆有完整之水土保持計畫使該水庫雖經多年使用，迄今未發現實際淤砂量超過計畫淤砂量。

5. 水庫淤砂處理方法：

(1)在水庫上游河道，新建攔砂壩，若產業道路興建費用不高時，則計畫興建道路將攔砂壩所貯存之砂石，挖掘轉運至市區或墾區，做為骨材或土地改良客土之用。

(2)若道路費用及砂石運費過高時，則在水庫辦理浚淤並計畫棄土場，就近開發墾區做為客土或防洪築堤材料之用。

6. 河川環境之維護：

日本政府甚為重視河川環境之維護，對水污染以及拋棄廢物的取締工作方面執行嚴格，各河川皆有水質自動監視設施能隨時掌握河川水質的變化，同時除利用河川流量來做為灌溉及公共用水以外，也能保留固定之河川流量來改善河流之水質，考慮周詳。此外在河川環境的維護之宣傳及教育工作也做得很好，除政府政策配合外，鼓勵當地居民保護自己的河川的工作也做得有聲有色，到處可見宣傳之標語、雜誌、手冊以及小紀念品。

六、訓練與研究中心：

1. 水庫操作人員訓練中心：

位於全國建設研修中心內之水庫操作人員訓練中心，為培育水庫管理操作人材，設有水庫操作電腦模擬系統來訓練水庫管理操作人員，從降雨開始

，流出量、貯水、下游水位之上漲等水文、水理現象皆可利用電腦來模擬以實際訓練操作者。在此項訓練作業，教師與學員分別在專用之機器上由教師下達各種模擬狀況，學員則據之採取各項應對措施，其程序與實際操作過程完全相同，機器同時會將各項應對措施之正誤表示出，為一最現代化之操作訓練系統。此種訓練期間為二或三週，訓練完畢後須經測驗，及格者除發給證書外，並具有水庫管理操作主任之任用資格。

2. 研究中心

日本建設省設有土木研究所，北海道開發局亦設有土木研究所，在筑波設有防災研究中心，各大學亦有甚多之研究所，水文科技方面之學術研究風氣甚盛。工程單位提出研究項目與經驗，而研究單位負責推動學理研究來互相配合以解決實際之問題。另外各研究中心也經常舉辦各種在職訓練以培育優秀之工程人員，來提高工程水準。

七、感想與建議

●1. 感想：

(1) 日本之水文資料搜集處理工作人員皆幹勁十足，並富研究精神，經分析有如下兩點原因，值得重視：(i) 水文資料之搜集經常配合洪水預報作業、水庫與河川之管理操作以及道路之監督管理作業等特殊目的來進行，為一動態之資訊搜集作業，工作富挑戰性。(ii) 資料的搜集大多利用精密之自動觀測儀器，並輔以電腦進行資料處理來爭取時效，非但節省大量之人力並使工作不致流於單調。

(2) 近年來水文、氣象觀測儀器發展神速，如自動測報雨量計與水位計、無線電遙控自動觀測雨量、水位計，電話應答式水位、雨量計，以及雷達雨量觀測系統等，且應用的相當普遍，使水文資料的搜集工作方便很多。同時電腦在日本各機關工事事務所已被普遍應用，應用電腦來控制資料搜集系統並進行資料處理、分析，作業手續簡化迅速，可提供正確可靠之情報作為洪水預報、水庫管理與道路管理之依據。

(3) 日本在筑波全國建設研究中心設有水文研究室，另外網羅全國水文專家組設水文研究發展委員會（無給制），水文科技研究與發展之風氣十分旺盛，例如水文研究發展委員會開會，與會專家一致認為有研究發展一種科學的流量觀測儀器之必要時，就召集全國有製造能力之廠商來商討，互相研究，擬定預算成立計畫而交給製造廠商去研製，以一種超短波測流量計為例，該流量計係由該會提交日本無線電機會社研製，經費約新臺幣 2000 萬元，

已研究完成至河面寬 20 公尺，距離 20 公尺的範圍內能得到九成以上正確度，正安裝在水污染防治站之排水路上試用中，因超短波在距離 20 公尺以上反射波比較分散，難期正確，致尚不能用在自然河川之流量測驗工作，目前仍繼續研究中，他們十分自信測距能達到 100 公尺左右，到時當比較實用，其他很多水文電腦儀器都是這樣研究成功的（雷達雨量觀測系統為其中之例子），由此可見，日本水文科技研究單位肯投下巨資，不計成敗去研製儀器，去發展水文技術，始有今日之發展與成就，這種水文研究組織以及研究精神，值得效法。

(4) 日本國家財力富裕，經建經費充足，又在建設方面甚講求科學的效果，因此對水文工作十分重視，處處願意投下巨資發展水文觀測與電腦設備及從事水工試驗，水文調查分析研究等工作，至今其水文電腦系統號稱世界數一數二，每年對水文調查研究發展所投資之經費約為河川治水經費之 2%~3% 與國內目前之 0.2~0.3 相差甚大。

(5) 日本之洪水預報系統除有良好的實施計畫與體系，以及完善的設備外，在立法上也有週全的法規，政府與人民皆能共同遵守並依法執行，使洪水預報系統保護人民生命財產的功能得以發揮。

(6) 臺灣地區暴雨強大、河流坡陡、路短集流時間非常急速，因此實施洪水預報在爭取時間方面，不如其他國家是事實。如在臺灣採用雷達雨量觀測系統，探測雨域之發展，移動方向與速度，雨量之強弱消長者，諒必可得更佳之預報功用，惟因臺灣山岳占總面積之 2/3，雷達雨量觀測系統是否適用於臺灣尚需進一步的研究。

(7) 日本之主要河川皆有包含防洪、灌溉、公共給水、美化河川、維護河川環境等多目標之整體規劃，相當重視水土資源的開發與保育。

(8) 河川環境的維護工作做得很好，日本政府對河川環境與水質特別重視，除嚴厲執行水污染防治法，並在主要地點設置水質監視站，常時的監視水質外，也積極的透過宣傳與教育來鼓勵沿河居民共同保護自己的河川。

(9) 非常重視水文與水利工作人員之訓練，有設備齊全之訓練中心，並依據業務推動之需要來訂定短期或長期訓練計畫，同時訓練教材之編訂也甚有彈性（從漫畫教科書至電腦模擬操作系統皆有），為使工作人員能純熟運用日趨精密之現代化儀器與電腦之主因。

2. 建議：

(1) 在水文觀測設施方面：

(i) 逐步將人工觀測儀器改換成自動觀測

儀器，但應注重儀器的適用性以及將來發展的可能性。

(ii) 在重要地點設立無線電自動計測電送觀測站，迅速搜集暴雨資料及洪水水位記錄做為防洪、防颶工作之依據。

(iii) 主要河川重要水位（防汛）站設立電話應答式水位計於洪水期能迅速搜集水位資料有助於防颶、防洪的搶救效果。

(iv) 推動水文、氣象觀測儀器的自製或自修。國內儀器的自製與自修能力的好壞，對國內水文科技的發展有甚大之影響，如能自行修護並研製適合本省河性之水文儀器，將可充實水文氣象設備並節省大量外匯。

(v) 酌情增加水文經費至治水經費之約 1 %，以符實際需要並利水文調查工作。

(2) 在水文研究分析方面：

(i) 鼓勵水文工作人員參與分析研究，強調研究成果與現況之配合。

(ii) 加強工程機關與學術研究機構的聯繫合作。

(iii) 成立水文研究室或組織水文技術研究發展委員會，而其成員則邀請國內外之學者、專家擔任；以利本省特殊水文研究的發展。

(3) 迅速擬定水文資訊管理法規並成立水文資訊中心：水文資料處理、分析統計繁複費時，非應用電腦處理無法提高工作效率，增進資料精度，故現代化之水文資料處理維護中心（水文資訊中心）的成立非常需要。此外現代化資訊的能否有效流通，有賴科學與合理的管理，健全的水文資訊管理規則，能使水文資訊的交換、取得與使用有一定之法則可遵循，將可便利水文資訊的應用。

(4) 在洪水預報方面：

(i) 統一與建立區域性洪水預報體系：洪水預報系統除需有完善之設備，周詳之法規外，建立一致的指揮管理系統，為使洪水預報系統能有效發揮的最重要因素。

(ii) 由洪水預報各有關機關與專家學者組成學術性之研究小組，常時舉行洪水預報研討會，相互觀摩以利此項學術之發展。

(iii) 研究雷達雨量觀測系統在臺灣地區之適用性。

(5) 在河川環境的維護方面：

(i) 加強防止或取締公害，保持河川環境

清潔。

(ii) 在河川保留一定流量維持在河川機能以防止或減輕河水污染，來維護河川生態環境。

(iii) 成立「美化河川、可愛家園」的先驅計畫，積極的從公共教育與宣傳來激發民衆對四周生活環境的關注，合力改善臺灣目前之河川環境。

(6) 改善目前之水文資料搜集體系並加強水文資料搜集單位與水文資料應用單位的工作配合，以達到下列目標：

(i) 縮短水文資料從搜集至應用間之流程距離，以提高資料之應用成效。

(ii) 配合工程計畫的進行，可順利的擴充與改善現有的水文觀測設備。

(iii) 避免不必要的重複浪費，減少水文作業之單調性。

(7) 加強重視水文、水利工作人員之訓練，提高工作人員素質：應從注重課程的編排、教材的編寫以及擴充相關訓練中心之設備着手。

後 記：

本文為依據水利局郭王珍、顏越壽、高天賜、張薰芳與筆者之“赴日研習「水文資料搜集整理、分析及儀器使用」報告”（69年元月）與筆者在農發會之業務報告“赴日研習水文報告”（69年3月），之報告重點經補充整理而成。將上述報告重新整理並加以補充以提出本文之理由有二：

1. 水文觀測作業以及其應用為一甚為重要之基本工作，但由於其缺乏明顯的直接效益，却常是一不被重視之工作，希望因為今年來數次大水的教訓，能使各有關機關更加的重視水文觀測作業以及洪水預報作業，來積極的保護人民之生命財產的安全，而本文以鄰國日本為例，可供參考。

2. 臺灣省水利局為加強各主要河川流域之洪水預報之功能，於 1981 年之「中日技術合作計畫」項內，邀請六位日本之水利技術專家來臺指導，並舉辦技術研討會（其中第一批三位：西原巧、高山一彥、宮井宏，已於八月中旬結束在臺指導返回日本），普遍引起國內對日本在洪水預報這一方面進步情形的注意。本文對日本洪水預報與水防警報的介紹，對沒機會參加日本水利專家來臺所舉辦之技術研討會的工程人員，可提供參考資料。