摘要

氣象局海象測報中心為掌握台灣海域海況特性，提供即時準確海氣象資訊，已階段性建立近岸錨繫式資料浮標觀測網。因應未來海洋事務活動增加，現有海洋環境觀測能量無論在觀測項目、觀測區域及觀測技術上已逐漸無法滿足各方需求。有必要檢討並評估海氣象觀測站網現況，研發關鍵技術進行海氣象觀測站網之擴建。

為能使觀測數據具有更高的可用性及空間代表性，並且有效提前掌握颱風特性，本計畫擬將現有海氣象觀測範圍由近岸拓展至外海，並擴增觀測項目。工作目標分為三部分，第一部份於台灣東方約三百公里海域佈放外海資料浮標以提前掌握颱風特性；第二部份為建置國內觀測船隊之先驅性試辦工作，在定期貨輪上裝設船載自動即時海氣象觀測系統，藉由船隻航行擴展觀測範圍；第三部分進行整合技術研發，建立現有資料浮標流速剖面觀測之技術能力。

本報告為三年度第一年期末報告，在外海資料浮標建置方面，本年度完成外海浮標佈放海域規劃調查、佈放方式研擬、遠洋資料傳輸研擬、深海錨鍊設計及採購、外海資料浮標殼體改良、外海資料浮標系統整合及外海資料浮標組裝測試。

在船舶海氣象觀測試辦方面，除持續操作長榮海運立烈輪之海氣象觀測系統數據品管外，另外進行兩次觀測系統定期保養，並完成系統操作說明書；本計劃在本年度安裝另一套海氣象觀測系統於陽明海運航明輪上，並於航明輪上進行船舶海氣象觀測系統船員教育訓練。

目錄

摘要 i

目錄 ii

表目錄 iv

圖目錄 v

第一章　前言 1

1-1　計畫背景 1

1-2　計畫目的 4

1-3　整體計畫工作項目 9

1-4　本年度完成工作項目 11

1-4-1　外海資料浮標站建置(I)：建站前置準備 11

1-4-2　船舶海氣象觀測試辦(I)：船舶海氣象觀測制度及規範建立 11

第二章　外海資料浮標測站評估與建站規劃 12

2-1　國內現行作業化資料浮標作業概況 12

2-1-1　現行資料浮標構造 12

2-1-2　現行資料浮標觀測項目與儀器配置 15

2-2　外海資料浮標建置規劃完成之工作 17

2-2-1　外海資料浮標佈放海域規劃.....17

2-2-2　外海浮標佈放觀摩及佈放方法改善.....20

2-2-3　外海資料浮標系統設計條件調查.....22

2-2-4　外海資料浮標資料傳輸方式.....31

2-2-5　外海資料浮標錨鍊設計及採購.....37

2-2-6　外海資料浮標殼體改良.....46

2-2-7　外海資料浮標系統整合測試.....48

第三章　船舶海氣象觀測試辦.....51

3-1　船舶海氣象觀測運作狀況.....51

3-1-1　第一套運作狀況.....54

3-1-2　第二套安裝情形.....59

3-2　資料分析結果.....67

3-3　船舶觀測數據品管規範修訂.....68

第四章　結論及明年工作重點.....72

第五章　參考文獻.....75

附件一、期中期末委員審查問題回覆

附件二、工作討論會議記錄

附件三、外海浮標錨碇系統合約書

附件四、船舶海氣象系統維護報告

附件五、船舶海氣象時序列資料

附件六、外海資料浮標出廠檢驗報告

表目錄

表1-1　目前世界各國建置及操作中之作業化觀測資料浮標測站數目 3

表1-2　整體計畫工作項目總表 10

表2-1　台灣現行作業化浮標站位置及水深 12

表2-2　浮標體力學設計條件 13

表2-3　資料浮標設備安裝配置表 15

表2-4　每月最大波高統計表(資料來源：氣象局) 27

表2-5　不同重現期之最大波浪計算結果 30

表2-6　Inmarsat及銥計畫系統比較 33

表2-7　Inmarsat計費方式 34

表2-8　銥計畫計費方式 34

表2-9　銥計畫衛星傳輸機主要規格表 36

表2-10　銥計畫衛星天線主要規格表 36

表2-11　外海浮標錨鍊規格 44

表3-1　船舶觀測系統量測儀器規格 52

表3-2　94年立烈輪於侵台颱風期間之海氣象觀測資料 67

表3-3　合理性品管標準 70

表3-4　連續性品管標準 71

圖目錄

圖1-1　影響或經過台灣本島颱風通過加瓜海脊海域路徑(1993-1994年)..4

圖1-2　影響或經過台灣本島颱風通過加瓜海脊海域路徑(1995-1996年)..5

圖1-3　影響或經過台灣本島颱風通過加瓜海脊海域路徑(1997-1998年)..5

圖1-4　影響或經過台灣本島颱風通過加瓜海脊海域路徑(1999-2000年)..6

圖1-5　影響或經過台灣本島颱風通過加瓜海脊海域路徑(2001-2002年)..6

圖1-6　影響或經過台灣本島颱風通過加瓜海脊海域路徑(2003-2004年)..7

圖2-1　浮標殼剖面上視圖，尺寸單位：公分.....14

圖2-2　浮標殼剖面側視圖，尺寸單位：公分.....14

圖2-3　資料浮標之外形與觀測項目.....16

圖2-4　現行資料浮標資料傳輸方式.....16

圖2-5　太平洋海域加瓜海脊地形圖及外海資料浮標佈放海域.....17

圖2-6　地形水深觀測海域範圍.....18

圖2-7　調查海域範圍之水深地形圖.....19

圖2-8　錨碇系統組裝過程.....20

圖2-9　錨碇系統支架組裝過程.....20

圖2-10　錨鍊系統組裝過程.....20

圖2-11　錨碇系統佈放過程.....20

圖2-12　資料浮標運輸固定架 21

圖2-13　台灣東部海域水深地形圖 22

圖2-14　MOSSAT航次航線圖 23

圖2-16　NWWIII波浪模式計算範圍(紅色實線)(圖摘自國家海洋科學中心) 26

圖2-17　銥計畫衛星傳輸機 35

圖2-19　美國國家資料浮標中心一千公尺改良式反垂懸錨鍊 41

圖2-20　ATLAS錨鍊設計 42

圖2-21　外海資料浮標現場示意圖 43

圖2-22　外海資料浮標錨鍊系統招標過程Ⅰ 45

圖2-23　外海資料浮標錨鍊系統招標過程Ⅱ 45

圖2-24　錨鍊系統交貨完成 46

圖2-25　進線管改良前 47

圖2-26　進線管改良後 47

圖2-27　氣壓計的改良 48

圖2-28　現在使用的資料擷取系統 49

圖2-29　改良後資料擷取系統 49

圖2-30　獨立發報之GPS系統 50

圖3-1　船舶海氣象自動觀測系統原型 53

圖3-2　船舶海氣象自動觀測系統架構圖 53

圖3-3　電腦連線測試 55

圖3-4　線路接點檢查 55

圖3-5　連線檢查衛星數據機傳輸 56

圖3-6　氣壓計和氣溫計檢查 56

圖3-7　船橋展示系統外觀檢查 57

圖3-8　更換記憶卡直接連線進行系統設定 57

圖3-9　更換記憶卡後進行測試 58

圖3-10　資料擷取系統重開機測試 58

圖3-11　安裝船舶系統選擇位址之一 59

圖3-12　安裝船舶系統選擇位址之二 60

圖3-13　協商合適之安裝位址 60

圖3-14　量測安裝位置是否影響船用衛星通訊儀器 61

圖3-15　討論船橋端展示電腦安裝位置 61

圖3-16　選定船舶系統安裝位置 62

圖3-17　焊接船舶系統底座 62

圖3-18　固定船舶系統支架於底座上 63

圖3-19　固定控制箱與處理儀器線路 63

圖3-20　船用系統架設完成圖 64

圖3-21　安裝船橋端展示電腦 64

圖3-22　安裝船橋端展示系統所需之無線電儀器 65

圖3-23　船橋端展示電腦架設完成圖 65

圖3-24　航明輪海氣象觀測資料已匯入氣象局預報作業中 66

圖3-25　航明輪海氣象展示系統教育訓練 66

第一章　前言

1-1　計畫背景

海氣象泛指發生於大氣與海洋邊界區域(Air-sea boundary zone)上的現象，大氣海洋邊界區域上至大氣邊界層(Atmospheric boundary layer)之頂端；下至海洋中的混合層(Oceanic mixed layer)，在這一區域中，液態的海洋水體與氣態的大氣相互影響，進行動量、熱量及氣體交換，這些於海洋大氣交界面上進行的物理過程稱之為大氣海洋交互作用。海洋覆蓋地球表面超過70%的面積，透過大氣海洋交互作用影響全球氣候，對人類全體及地球上各種生命形式皆造成直接影響。掌握海氣象因子的變化有助於對海洋環境及大氣的了解，增進天氣、波浪及海潮流預報之準確，使航行安全、海象災害預警減災直接受惠。

獲得海洋環境資訊的方法可分為理論解析、數值模式推算及觀測三種。觀測為獲得海洋環境資訊最直接的方法，觀測結果可促成理論解析的進步。另一方面海氣象觀測為發展預測模式及改進預報技術之基礎。由於數值模式中的理論未盡周詳，數值方法中的誤差累積以及邊界與起始條件不足，必須以現場的觀測數據進行模式率定及校驗。此外在預報技術改進上，長期的觀測資料所提供豐富區域海氣象特性，更是預報員不可或缺的參考資料。

海氣象觀測可分為以衛星或飛機為載台的遙測技術以及現場觀測(In-Situ Measurement)，遙測可以獲得廣大區域的雲層分布、海洋溫度、水色及波浪等，基於大部份的遙測回波訊號都需現場實測數據(Ground Truth Data)作為校正及率定之依據，因此即便在各種氣象衛星及資源衛星應用越來越普遍的趨勢下，現場觀測仍扮演十分重要以及絕對必要的角色。

氣象局海象測報中心以提供即時、準確海氣象資訊作為海洋預報與災害警報等做為主要推動業務之一，成立至今在現場觀測方面幾已完成環台灣近岸錨繫式資料浮標觀測網之建置。考慮未來海洋事務活動增加，現有海洋環境觀測能量無論在觀測項目、觀測區域及觀測技術上已逐漸無法滿

足各方需求，亟需針對現況，檢討並評估觀測區域及項目，發展並掌握關鍵技術，作為後續推動海氣象觀測之基礎。

世界氣象組織(WMO)以及聯合國教科文組織(UNESCO)下的海氣象聯合技術委員會（JCOMM）負責推動國際海氣象現場觀測業務，將現場海氣象觀測分為三種方式：錨繫式資料浮標(Moored Data Buoy)、漂流式資料浮標(Drifting Data Buoy)以及船舶觀測（Ship observation）。錨繫式資料浮標是利用浮標加裝海氣象觀測儀器，錨繫於一固定海域範圍內進行觀測，氣象局與水利署目前共同在台灣近海建構之長期作業化海象測站即是屬於此種。漂流式資料浮標則是讓浮標追尋海流運動，應用衛星通訊傳輸浮標觀測資料，由於其觀測範圍無法掌控，對於台灣而言觀測效益較低。船舶觀測為在商船航線沿途進行觀測，並將觀測資料發報回氣象單位，此種觀測方式使觀測範圍擴大，成本相對低廉，目前世界各國有約六千餘艘商船執行此種觀測。

在錨繫式資料浮標方面，為監測台灣環島海氣象資料，交通部氣象局及觀光局近年來於台灣四周海域佈放了六個資料浮標，經濟部水利署佈放了三座，同時量測海氣象資料。表1-1-1為目前世界各國操作中浮標測站數目，由表1-1可知美國設置之浮標測站數目最多，達到224站，遠超過其他國家的總和。

從表1-1-1中可得知，美國國家資料浮標中心(NOAA/NDBC)操作測站計有173站，為滿足海象預報功能，提升資料之可用性及代表性，有接近50% 的測站是佈放在水深超過1,000公尺的太平洋及大西洋外海。

國內目前的新竹、花蓮、龍洞、大鵬灣等資料浮標皆佈放在近海區域，由於水深有限及受地形影響，其資料僅代表範圍較小的區域性近岸海氣象特性。另一方面，對於位於颱風侵襲頻繁的台灣海域而言，由於測站位在近岸，在觀測到即時颱風資料的同時，颱風已經對於台灣海岸及陸地造成了影響，對於颱風預測災害預警之幫助有限。若能將資料浮標觀測位置拓展至離岸更遠之外海，不但能更早期掌握颱風特性，有助於颱風動態預報準確性之提升，其水深較深也可提升觀測資料的代表性。

表1-1　目前世界各國建置及操作中之作業化觀測資料浮標測站數目

<table>
<tr><th colspan="2">國家</th><th colspan="2">浮標數目</th><th>所屬單位</th></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="6">美國</td><td colspan="2">173</td><td>National Data Buoy Center</td></tr>
<tr><td colspan="2">21</td><td>Scripps Institute of Oceanography</td></tr>
<tr><td rowspan="3">15</td><td>6</td><td>University of South Florida</td></tr>
<tr><td>4</td><td>University of Connecticut</td></tr>
<tr><td>5</td><td>Texas A & M University</td></tr>
<tr><td colspan="2">11</td><td>Gulf of Maine Ocean Observation System</td></tr>
<tr><td colspan="2">4</td><td>Carolinas Coastal Ocean Observing and Prediction System</td></tr>
<tr><td colspan="2">加拿大</td><td colspan="2">70</td><td>Environment Canada</td></tr>
<tr><td colspan="2">澳大利亞</td><td colspan="2">22</td><td>Bureau of Meteorology, Australia</td></tr>
<tr><td colspan="2">英國</td><td colspan="2">14</td><td>UK Met Office</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">中華民國</td><td rowspan="2">9</td><td>6</td><td>交通部中央氣象局及觀光局</td></tr>
<tr><td>3</td><td>經濟部水利署</td></tr>
<tr><td colspan="2">法國</td><td colspan="2">5</td><td>Meteo France</td></tr>
<tr><td colspan="2">愛爾蘭</td><td colspan="2">5</td><td>Met Eireann</td></tr>
<tr><td colspan="2">日本</td><td colspan="2">57</td><td>日本港灣技術研究中心</td></tr>
<tr><td colspan="2">大陸</td><td colspan="2">1</td><td>國家海洋局北海分局</td></tr>
</table>

1-2　計畫目的

經由近十年來，颱風路徑統計顯示，平均影響或侵襲台灣本島之颱風有超過67%於侵台之前通過台灣東方之海域，由台灣東岸海域西行為最常發生之侵台颱風路徑（如圖1-1~圖1-6所示）。若欲提前24小時掌握這些颱風海上特性，考慮其行進之平均速度，資料浮標至少應佈放在距台灣東岸300公里以外之太平洋海域，方可獲得最大效益。台灣東岸300公里外海水深度達4000m~6000m，在如此深的開闊大洋中佈放及操作資料浮標為一具有高度技術性的工作，目前國內尚無此類經驗。由於外在環境包括海氣象條件、水深條件、向岸通訊需求不同，氣象局現行所屬之海氣象資料浮標無法直接應用，不僅浮標系統需要重新研發更改，佈放及操作方式也需重新設計。

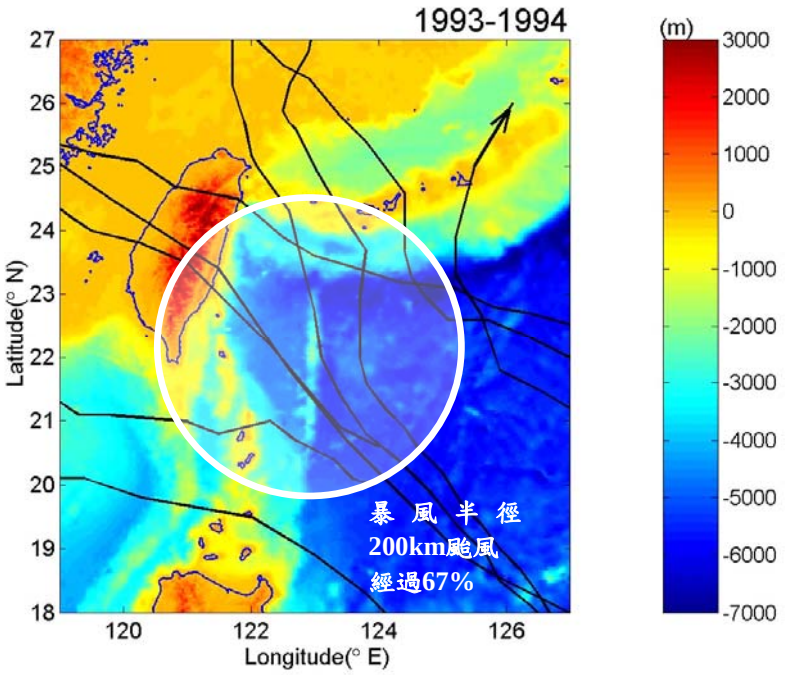


圖1-1　影響或經過台灣本島颱風通過加瓜海脊海域路徑(1993-1994年)

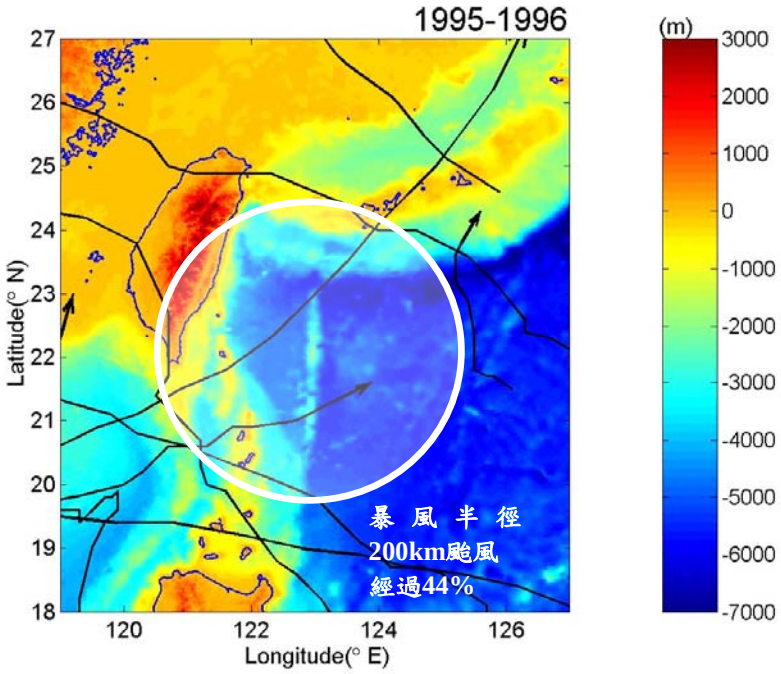


圖1-2　影響或經過台灣本島颱風通過加瓜海脊海域路徑(1995-1996年)

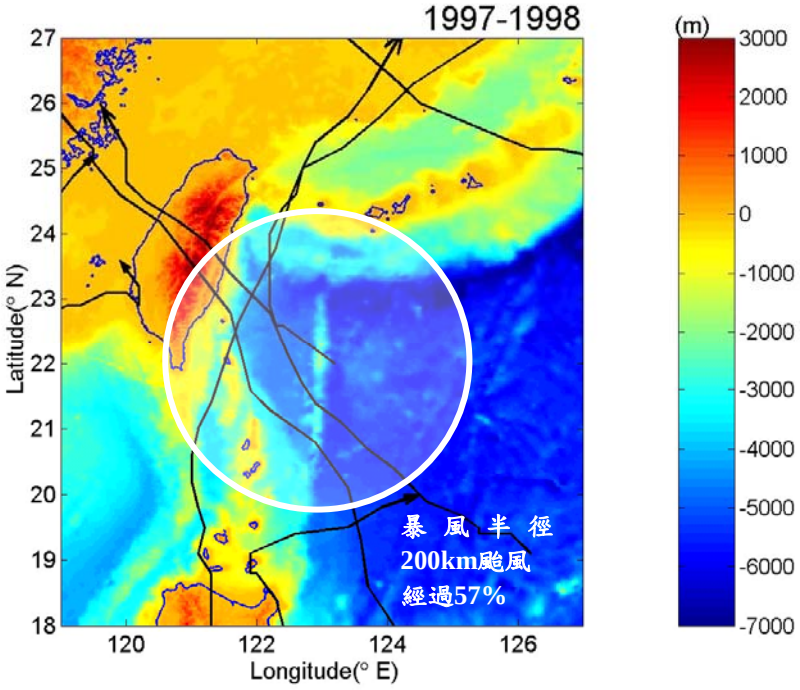


圖1-3　影響或經過台灣本島颱風通過加瓜海脊海域路徑(1997-1998年)

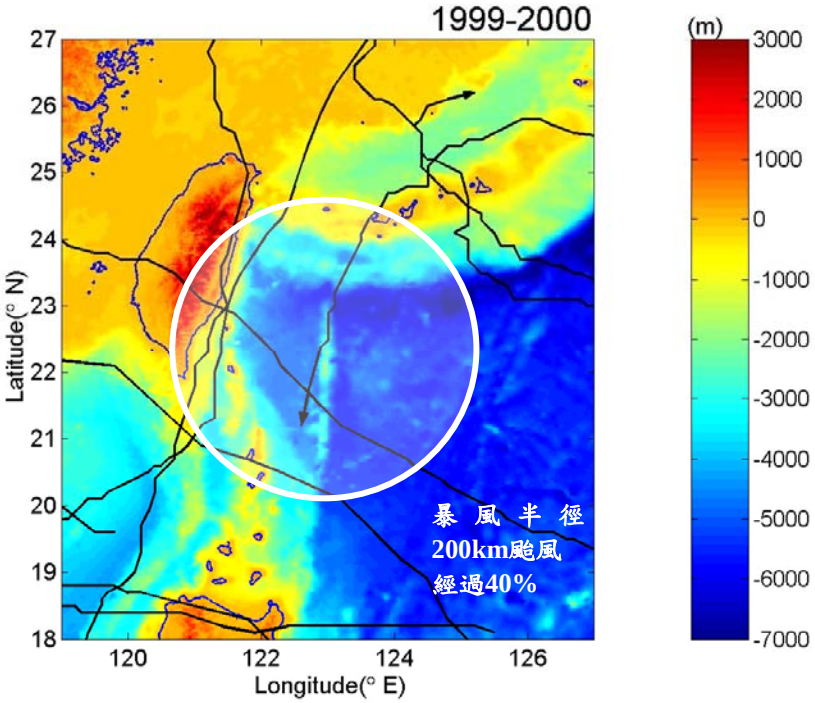


圖1-4　影響或經過台灣本島颱風通過加瓜海脊海域路徑(1999-2000年)

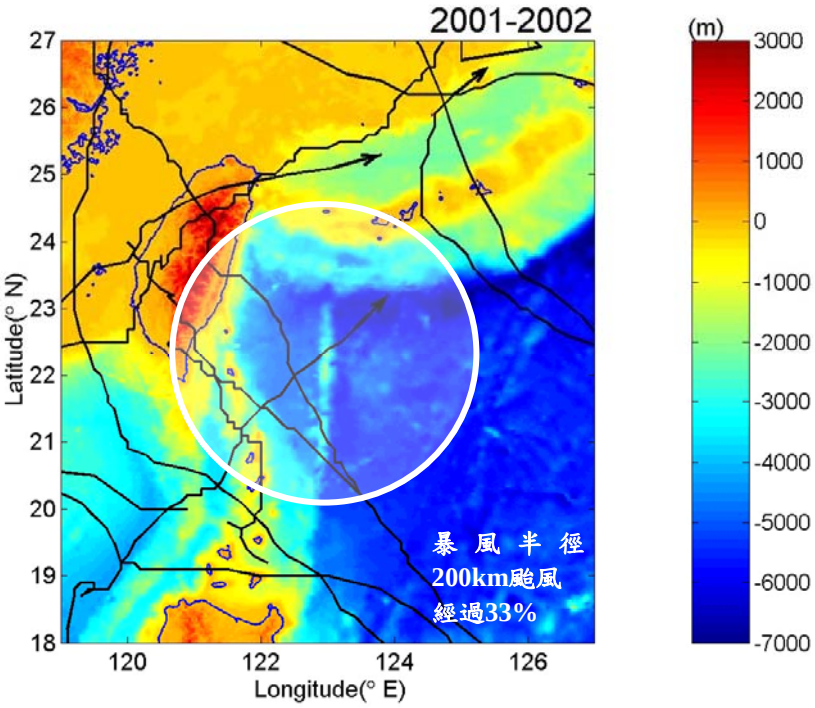


圖1-5　影響或經過台灣本島颱風通過加瓜海脊海域路徑(2001-2002年)

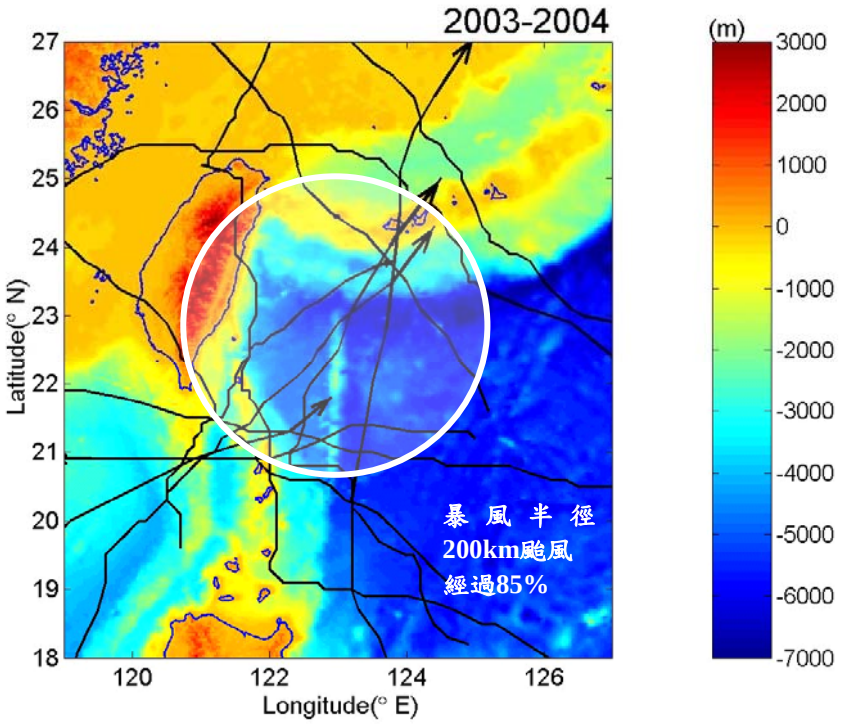


圖1-6　影響或經過台灣本島颱風通過加瓜海脊海域路徑(2003-2004年)

將海氣象觀測由近岸擴展到外海的另一種方法為在航行中的船舶上進行觀測，利用商船在海上綿密的航線，建構更高密度的海氣象觀測網。JCOMM推廣的自願觀測船舶計畫(Voluntary Observation Ships, VOS)即為此種。目前我國氣象法亦規定航行於我國經濟海域之船舶需定時向基隆海岸通信中心發報海氣象觀測報告。然而根據基隆海岸通信中心統計，每一年中所接獲含有氣象觀測資訊的船舶電報數目，皆在十則以下，相對於鄰近香港及日本每一年均收集數萬份的船舶氣象觀測報告，現階段我國的商船觀測能量可謂十分匱乏。

交通部科技顧問室有鑑於此，以增加國內船舶報告數量及品質為目標，在92年度「兩岸海運即時航行安全資訊服務系統之建立」一案中積極推動自動化的船舶海氣象觀測系統研發計畫，在93年成功發展出自動化的船舶觀測系統。該系統為未來推動台灣海氣象船舶觀測之基礎，可安裝在國籍商船上進行觀測，初步建立本國觀測船隊觀測能量，將海氣象觀測範圍由目前之近海拓展至遠洋。

在觀測項目擴增上，目前作業化資料浮標象觀測項目為波浪、潮汐、氣溫、水溫、風、大氣壓力等其他氣象因子，目前海流並未成為作業化觀測項目之一。海流運動是造成海上懸浮物漂移的主要動力，若能隨時掌握高準確度的流場資訊，則對於海上污染物的監控與救災搶險均有極大的助益。如民國90年的阿瑪斯號因擱淺導致五百噸燃油外洩，造成龍坑自然生態保護區的嚴重污染，並威脅到核三廠的運作安全。民國91年華航空難，全國上下出動大批船隊，在海上到處搜救可能的生還者、罹難者與飛機殘骸。要強化災害救災強險之能力，進行流速監測實為重要。

綜合上述，為因應海洋事務及活動之激增，滿足未來國內對相關海洋環境資料的各種潛在需求，本計畫之目的在於對現有海上測站觀測範圍進行擴展，將目前觀測範圍由近海擴展到遠洋，同時提升現有資料浮標海氣象測站功能，擴增觀測項目，對已投資項目進行最大效度之利用。

為達到上述目的，為期三年進行本計畫，在針對錨繫式資料浮標及船舶觀測兩種觀測方式訂定三大目標，第一個目標是為掌握侵台颱風早期動態，在距台灣東岸約300公里外太平洋深海海域，於水深千米以上建置一座海氣象資料浮標站進行測試與評估；第二目標：船用自動海氣象觀測計畫試辦，延續推動交通部科技顧問室「兩岸海運即時航行安全資訊服務系統之建立」所研製之船用自動氣象觀測系統原型研發成果；第三目標為擴增現有測站之觀測項目：研發整合新的剖面流速觀測技術，將技術應用於現有之錨繫資料浮標上進行作業化測試。在手段上則期望藉由自主研發，落實關鍵技術本土化，作為後續執行海洋環境監測之基礎，使能更完整有系統地建立國家海洋環境資料庫，作為國家海洋事務決策之依據。

1-3　整體計畫工作項目

本計畫預定完成目標包括，第一部份：為掌握侵台颱風特性，將於台灣東部約300公里外太平洋海域建置深海資料浮標一站；第二部份：建立國內船舶海氣象觀測船隊與進行成效評估；第三部分：將流速剖面作業整合於現有資料浮標系統，並進行現場測試。

本計畫分三年度執行，今年度（第一年）工作是深海浮標站建站前之準備與船用自動氣象觀測系統觀測之試辦，明年(第二年)及後年（第三年）將陸續完成船用自動海氣象觀測計畫試辦、外海浮標站建站及資料浮標與剖面流速觀測技術研發整合，詳細工作內容如表1-2所示。

表1-2　整體計畫工作項目總表

	第一年	第二年	第三年
外海資料浮標站建置	（1）佈放位置擇訂與佈放方式研擬 （2）外海資料浮標系統改良設計 （3）外海資料浮標系統整合及系統測試	（1）外海資料浮標站海上佈放 （2）外海資料浮標站監控操作及維護	（1）外海資料浮標站監控操作及維護 （2）測試觀測數據分析及觀測系統效能評估
船舶海氣象觀測試辦	（1）兩套船舶海氣象觀測系統測試、安裝與操作維護 （2）船舶海氣象觀測系統監控介面建置 （3）教育訓練舉辦	（1）船舶海氣象觀測系統壹套測試與安裝與共三艘船舶觀測船隊之操作及維護 （2）船舶觀測資料檢核 （3）船舶觀測行政支援及儀器檢驗流程研擬 （4）辦理船員教育訓練及航商座談會 （5）研擬國內船舶海氣象觀測營運策略	（1）船舶海氣象觀測系統兩套測試及安裝與共五艘觀測船隊上系統之操作及維護 （2）觀測系統效能評估 （3）辦理試辦成果展示暨教育訓練會議 （4）後續營運之方案凝聚共識及訂定執行具體方案
剖面流速儀應用於作業化即時監測之技術研發及測試			（1）剖面流速儀適用性評估 （2）浮標與剖面流速儀軟硬體整合及現場測試 （3）觀測效能評估與系統改進：現場觀測資料分析，觀測系統效能評估及系統設計修正。 （4）流速剖面資料品管方式研擬

1-4　本年度完成工作項目

1-4-1　外海資料浮標站建置(I)：建站前置準備

一、決定佈放位置，以提供下一年度在台灣東方外海遠洋中建立水深千米以上的資料浮標站，未來能夠提前24小時掌握侵台颱風特性，增加颱風預報之準確度。

二、佈放方式研擬，以提供未來操作及維護深海海氣象觀測站需要專業船隊後勤支援。

三、完成外海資料浮標系統設計，讓氣象局現有資料浮標在深海錨碇、遠洋通訊系統設計以及電力系統能滿足作業化需求。

四、依外海資料浮標系統的設計，整合或改良外海資料浮標系統，使其達到在深海作業能力。

1-4-2　船舶海氣象觀測試辦(I)：船舶海氣象觀測制度及規範建立

一、安裝與操作維護兩套船舶海氣象觀測系統，以驗證船舶海氣象觀測系統能力。

二、建置船舶海氣象觀測系統監控介面，讓氣象局掌握查詢船舶動態及所發報之海氣象資訊，並可提供船舶航安資訊，且在國輪商船建置船橋駕駛室海氣象資訊服務介面，讓參與觀測之船艦均能資訊分享，增進航行安全，提高航商參與觀測計畫意願。

三、於系統安裝後，對相關船員航商等使用者進行教育訓練，讓船員對於海氣象資料及如何使用船舶海氣象資訊服務系統能有所認識，並能應用在船舶航行之安全航道之研判。

第二章　外海資料浮標測站評估與建站規劃

2-1　國內現行作業化資料浮標作業概況

國立成功大學自1990年起接受國科會及農委會補助開始進行資料浮標技術研發，1993年成功研製一套碟形資料浮標，隨後接受氣象局委託建立環台灣海氣象監測站網，目前在氣象局、觀光局以及水利署的支持下已於台灣四周海域建置了九座資料浮標站，包括花蓮、蘇澳、龜山島、龍洞、新竹、大鵬灣、小琉球、鵝鑾鼻及金門等。建置的資料浮標站引用美國國家海洋暨大氣總署(NOAA)規範，再依據台灣海域環境特性設計；目前資料浮標以下列三點作為設計主要考量因素為：

一、設站地點不受水深限制，能廣泛運用於各種海域。

二、為一無人海上自動觀測站，能觀測多種海氣象資料。

三、觀測資料即時傳送至陸上基站，能配合海象測報作業的需求。

台灣現行作業化資料浮標佈放點之水深從20公尺至80公尺不等，皆位於近岸處，離岸最遠者為4公里；大約位置及水深如下表所示：

表2-1　台灣現行作業化浮標站位置及水深

站名	位置	水深
蘇澳浮標站	蘇澳港北方約 5 公里	23 公尺
金門浮標站	料羅港南方約 4 公里	25 公尺
鵝鑾鼻浮標站	墾丁香蕉灣南方 3 公里	40 公尺
花蓮浮標站	花蓮七星潭海域，距岸約 500 公尺	36 公尺
新竹浮標站	新竹南寮漁港海域，距岸約 1.5 公里	16.5 公尺
龍洞浮標站	龍洞遊艇港海域，距岸約 1 公里	32 公尺
龜山島浮標站	龜山島龜尾端，距龜山島約 1 公里	22 公尺
小琉球浮標站	小琉球海子口外海約 4 公里	82 公尺
大鵬灣浮標站	屏東大鵬灣外海約 2 公里	26 公尺

2-1-1　現行資料浮標構造

所應用的資料浮標採圓碟形設計，直徑為250cm，高度80cm，上層支架290cm，下層支架140cm。此型浮標的隨波性良好，浮標體波浪運動轉換函數接近於1.0，適合觀測波浪。本浮標體總浮力為3,220 kg，自重1,230 kg，水中錨鍊重約400 kg，剩餘浮力約為1,590 kg。

表2-2　浮標體力學設計條件

預浮力	3,220 kgw
各部份重量	1)鼎形結構：200 kg 2)浮 標 殼：850 kg 3)觀測設備：100 kg 4)錨鍊聯結三角鼎：80 kg 5)錨鍊 447 kg 不含錨鍊總重：1,230 kg
吃水深度	不含錨鍊 38.9 cm
重心	不含錨鍊 58.7 cm
浮心	不含錨鍊 21.6 cm
定傾中心	86.0 cm
持正力矩	$1057.4\times\theta\ \ kg.m^2$，$\theta$ 為浮標傾角

浮標體內艙結構為中心部份為一內徑60 cm，高度54cm之儀控室，浮標控制系統安裝於此，為確保電子儀器保持乾燥，儀控室上方以一密封蓋板與外界隔絕，保持儀控室水密性，密封蓋板於內側懸掛一汽車內胎，充氣閥門伸出外測，此設計作用為保持儀控室內外空氣壓力平衡；儀控室下方為一長十字形電瓶室，尺寸如圖2-1及圖2-2所示，儀控室外至浮標殼邊緣以鋼板呈放射狀分割成十二個隔艙，均以泡棉填充之。

資料浮標以錨鍊系統定置於固定海域，錨鍊系統連結資料浮標方式如下：浮標殼下方為一三角鼎結構，其三支腳柱分別以螺絲鎖定於浮標殼下方三個掛耳，三支腳柱會合於一轉環圓盤上，此轉環圓盤作用有二：第一做為浮標結構體與錨鍊之結合點；第二為調節浮標吃水深度，布放點水淺時，錨鍊短，圓盤上可加掛較重鐵塊，使浮標體達到預定水線，水深時，錨鍊長，則減少圓盤上鐵塊。

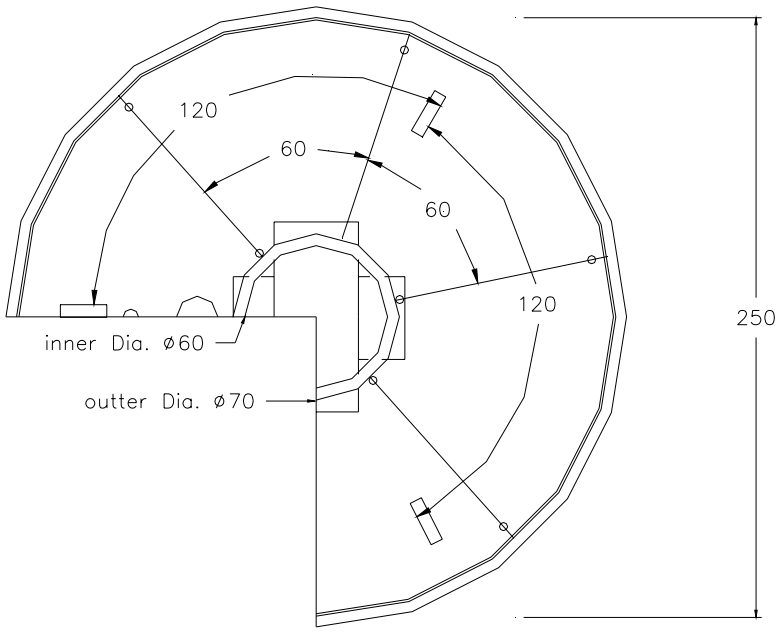


圖2-1　浮標殼剖面上視圖，尺寸單位：公分

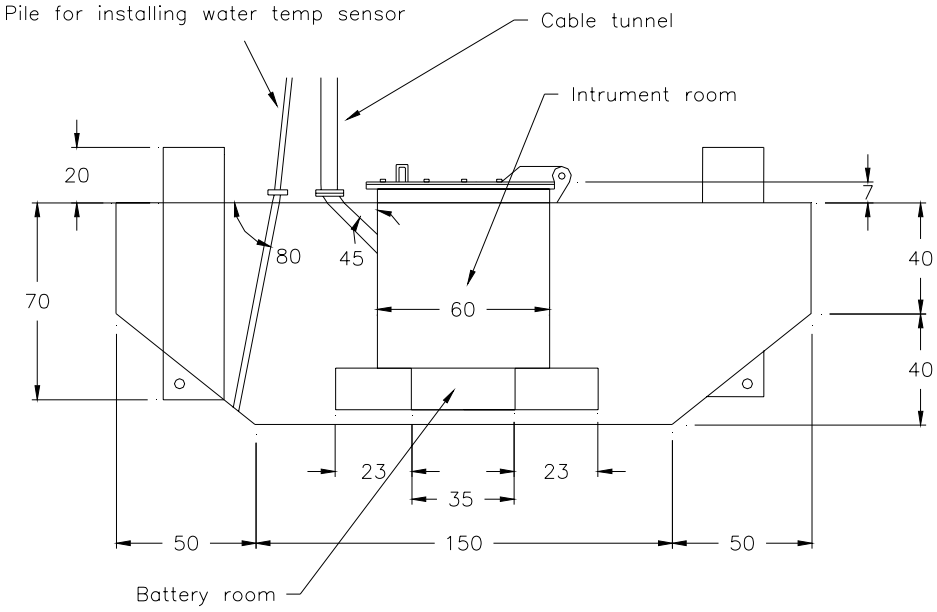


圖2-2　浮標殼剖面側視圖，尺寸單位：公分

2-1-2　現行資料浮標觀測項目與儀器配置

目前資料浮標海氣象觀測項目為：風速、風向、氣溫、氣壓、表面水溫、波高週期、波向及方向波譜等。各儀器設備配置如下所示：

表2-3　資料浮標設備安裝配置表

設備名稱	安裝位置	安裝方法	數量
天線	甲板上層三腳鼎形最上層	鎖入固定管，連結處纏繞防水膠布，外緣均勻塗抹防水膠	1
定位系統(GPS)	甲板上層三腳鼎形最上層	鎖入固定管，連結處纏繞防水膠布，外緣均勻塗抹防水膠	1
風速風速計	甲板上層三腳鼎形最上層	插入固定管，外方再以固定環加強固定	2
氣溫計	甲板上層三腳鼎形第二層	以螺絲鎖入固定片，接頭處纏繞防水膠布，外緣均勻塗抹防水膠	1
氣壓計	甲板上層三腳鼎形第二層	以螺絲鎖入固定片，接頭處纏繞防水膠布，外緣均勻塗抹防水膠	1
航用警示燈	甲板上層三腳鼎形最上層	以螺絲鎖入固定孔	1
雷達反射器	甲板上層三腳鼎形第二層	以螺絲鎖入固定孔	1
太陽能板	甲板上層三腳鼎形第二層下緣	置入固定框架，再以螺絲鎖定與固定框架結合	3
儀控系統 氣象儀轉換器 波浪儀 無線電機 資料收集器 資料分析儀	浮標體內艙	置入固定框架，再以螺絲鎖定與浮標內艙結合	1
電瓶	浮標體內艙下方電瓶室內	置入固定框架內。再以塊木撐實固定	6
水溫計	浮標體外	以螺絲鎖入固定孔，接頭處纏繞防水膠布，外緣均勻塗抹防水膠	1

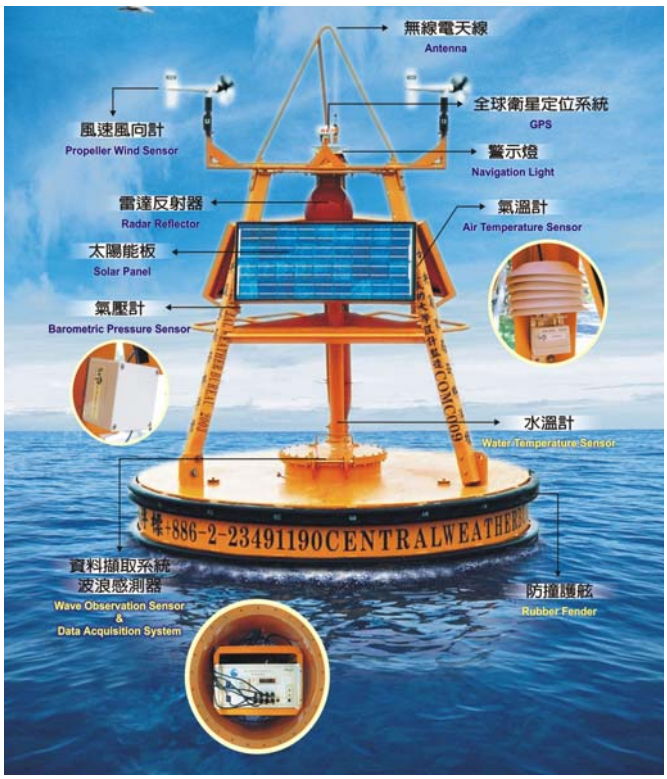


圖2-3　資料浮標之外形與觀測項目

觀測頻率每兩小時一次，即每日作業十二次，發佈颱風警報後加密為每小時觀測一次，觀測完畢後資料隨即由特高頻無線電及GSM系統回傳至岸上。資料即時傳輸方式如圖2-4所示。

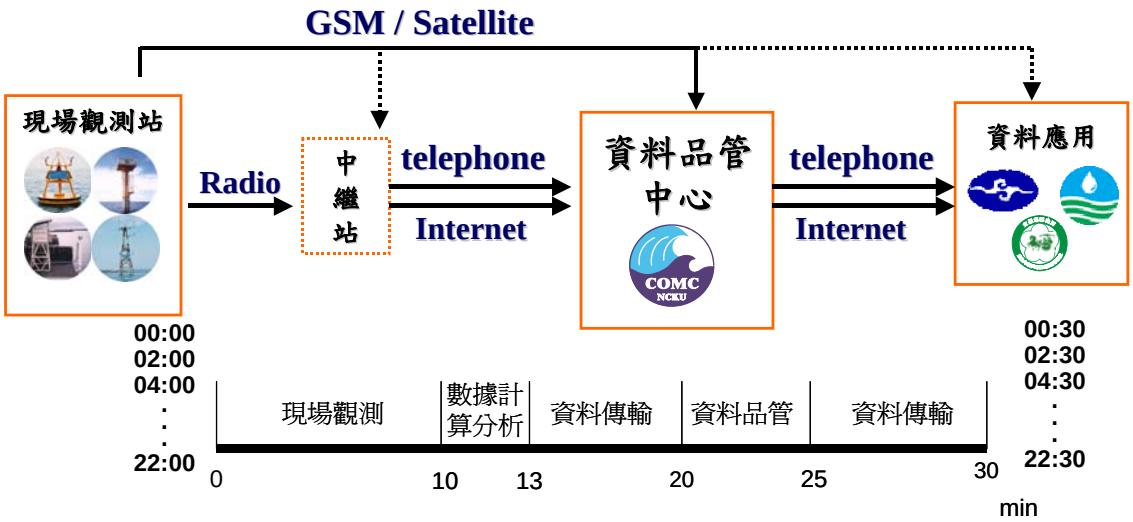


圖2-4　現行資料浮標資料傳輸方式

2-2　外海資料浮標建置規劃完成之工作

2-2-1　外海資料浮標佈放海域規劃

外海資料浮標佈放海域規劃，以統計歷年侵台颱風中，多數颱風所行經之路徑海域範圍，需考慮颱風平均行進速度，欲使提前24小時掌握颱風海上特性，以每小時約14公里計算，資料浮標應至少佈放於距台灣300公里以外太平洋海域，方可獲得本計畫預期成效。

在侵台颱風行經路徑及颱風行進平均速度，所考慮之範圍為蘭嶼東方300公里處加瓜海脊臨近海域如圖2-5所示，在台灣東部海岸300公里外之海域，雖是開闊無阻礙的海域，但在海底地形是否為開闊平坦之地形，而且此海域範圍是否為船隻必經航道或是漁業活動頻繁的漁場；所以在資料浮標放置海域範圍，需考慮海底地形是否平坦及是否為漁船作業頻繁的漁場範圍，或是商船貨輪必經之主要航道。

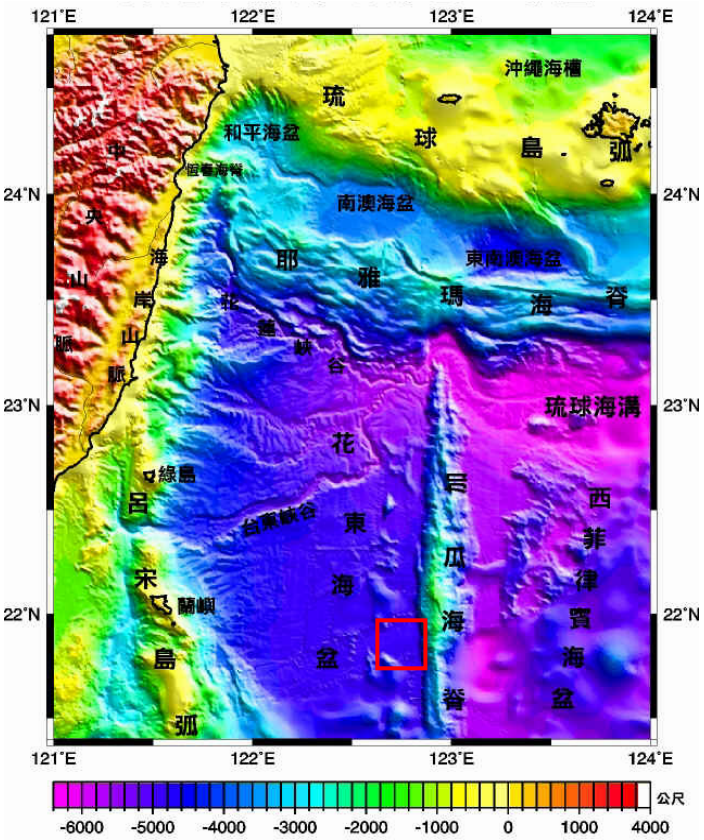


圖2-5　太平洋海域加瓜海脊地形圖及外海資料浮標佈放海域

一、資料浮標佈放海域地形水深調查

氣象資料浮標佈放地形以平坦砂質的海底地形地質為最佳環境，佈放在平坦海底地形上錨鍊系統的設計，不會因為地形的驟變造成錨鍊系統設計不當，而影響資料浮標作業；因此在本年度六月份隨MOSSAT計畫申請，使用農委會水產試驗所所屬研究船水試一號，進行地形水深調查工作。

MOSSAT計畫所使用船隻為農委會水試所水試一號試驗船，船體承載量為1948頓，動力為3600馬力，船長為65.725公尺，船寬為13.80公尺，船高為7.90公尺，為台灣目前設備最完善，船體承載量最大之研究船；水試一號利用型號Furuno FE-880航海測深儀進行水深測量。

外海資料浮標預定選擇佈放地點，依照本航次利用航海測深儀至選定範圍進行地形水深調查，所獲得之結果（如圖2-7所示），經判斷預定範圍為東經約122.7°北緯約21.9°，此範圍地勢平坦，距東邊加瓜海脊6海浬以上，並與南邊北呂宋島弧相距5海浬以上，所以此預定海域是未來外海資料浮標最佳佈放海域。

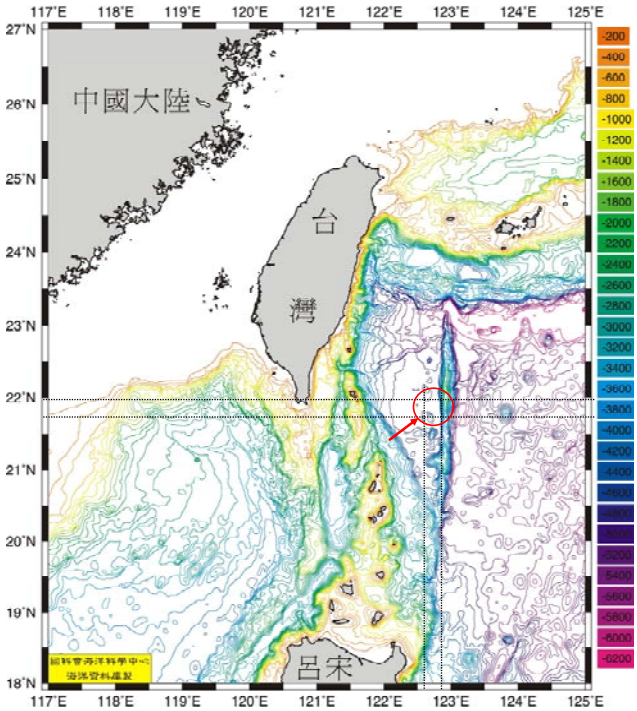


圖2-6　地形水深觀測海域範圍

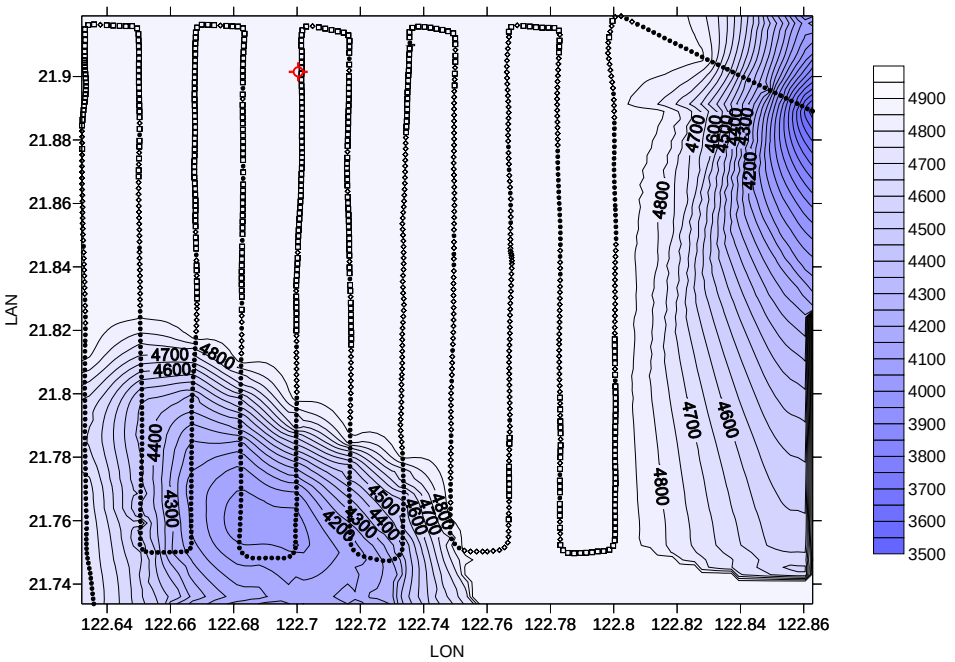


圖2-7　調查海域範圍之水深地形圖

二、資料浮標佈放範圍漁場調查

在開闊的海洋中，漁民會在魚群聚集海域進行捕撈作業，魚群據集的海域即稱為漁場，漁場的形成主要有足夠的日照、充足的二氧化碳及營養鹽豐富之高海洋基礎生產力的海域;漁場的主要海域分佈為：大陸棚沿岸海域、湧升流形成海域、河川注入海域及洋流所流經海域。資料浮標佈放海域範圍，查詢漁業署台灣漁船作業漁場範圍得知圖2-5所示之海域，不屬於主要漁場範圍，避開漁場範圍可以不影響漁民作業，而且可減少資料浮標因漁船碰撞而受破壞。

三、商船貨輪航線調查

商船貨輪航線是各海運公司內部的商業機密，各海運公司都不對外公開旗下船舶確切航線，因此多次與海運公司查詢都無法獲得所屬船舶之航線圖，目前僅有收集船舶航線圖，為船舶海氣象系統所回傳的航線資訊；未來所佈放資料浮標之海域範圍，無法得知是否為船舶必須行經航道，所以資料浮標上已裝置雷達反射器，避免船舶行經時因碰撞而受破壞；由海科中心在南海佈放資料浮標及近海水文中心受委託單位在台灣臨近沿海佈放資

料浮標的經驗中，資料浮標的損壞大都是由漁船碰撞及漁民破壞所造成，所以外海的佈放海域盡可能的避開航道以避免發生意外。

2-2-2　外海浮標佈放觀摩及佈放方法改善

一、外海浮標佈放觀摩

國家科學委員會國家海洋科學研究中心MOSSAT（Modeling Observation ＆ Survey of the Seas Around Taiwan）「台灣海域數值與觀測系統」計畫之航次，使用農委會水產試驗所所屬研究船水試一號，進行調查與佈放工作；承蒙本航次領隊楊益博士，全力支援調查外海資料浮標預定佈放範圍之水深、地形及流速等海域資料，並全程參與水試一號研究船錨碇觀測系統組裝及佈放過程。錨碇觀測系統組裝及佈放過程如圖2-8 ~ 圖2-11所示。

圖2-8　錨碇系統組裝過程

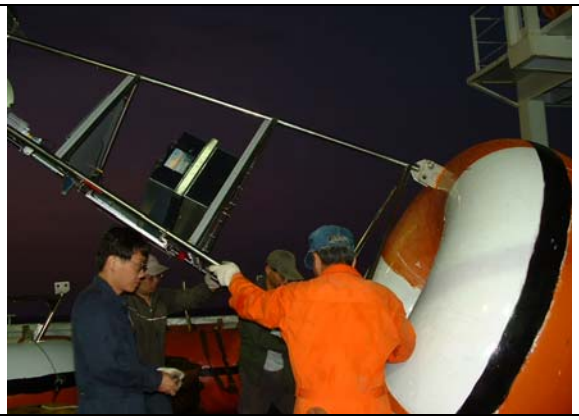


圖2-9　錨碇系統支架組裝過程

圖2-10　錨鍊系統組裝過程

圖2-11　錨碇系統佈放過程

二、佈放方式改善

本航次觀摩國家海洋科學研究中心錨碇系統佈放方式，其錨碇系統之系統及支架組裝皆在佈放前於船舶甲板上完成，如在佈放作業期間海象狀況稍有不佳即無法進行組裝作業，有鑑於海況上的問題及系統穩定上的考量，因此外海資料浮標在佈放前其系統測試及支架組裝皆在陸地上完成。

依觀摩國家海洋科學研究中心佈放錨碇系統後，進行改善佈放外海資料浮標作業方式，瞭解海科中心在佈放作業時可能產生的問題後，設計一套資料浮標之固定架（如圖2-12所示），以利於資料浮標在陸上與海上運輸以及在船舶上的固定，避免已測試完成之資料浮標系統，再多一次系統與觀測儀器的拆卸安裝環節上發生不必要的問題。

圖2-12　資料浮標運輸固定架

2-2-3　外海資料浮標系統設計條件調查

台灣東方300公里外海水深達4000 ~ 6000公尺，在如此深的開闊大洋中佈放及操作資料浮標為一具有高度技術性的工作，目前國內尚無此類經驗，因此在錨鍊系統之設計為外海資料浮標是否可進行長時間作業化觀測的關鍵，在本年度計畫進行期間承蒙MOSSAT計畫航次領隊楊益博士全力支援，利用水試一號研究船進行外海資料浮標預定佈放範圍之水深、地形及流速等海域資料收集。

農委會水試所水試一號試驗船，船體承載量為1948頓，動力為3600馬力，船長為65.725公尺，船寬為13.80公尺，船高為7.90公尺，為台灣目前設備最完善，船體承載量最大之研究船。

一、水深調查

水試一號利用型號Furuno FE-880航海測深儀進行水深測量。台灣東部海域的花東外海盆地位於北呂宋島弧及加瓜海脊之間，其底部源自台灣造山帶的沉積物，經由海底峽谷堆積形成相當平坦的海底地形，此海底峽谷水深約4880公尺（如圖2-13所示）。

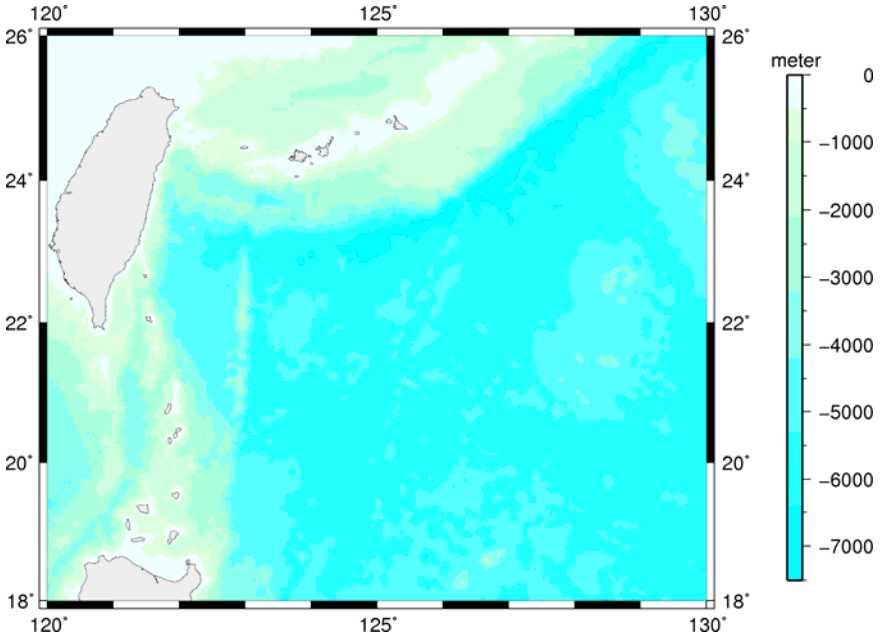


圖2-13　台灣東部海域水深地形圖

二、流速調查

船用海流儀故障，所以本計畫搭配原航線，於擬佈放資料浮標位置附近選取24、25b及26三個觀測點（如圖2-14所示）進行溫度、鹽度及密度等三項參數進行觀測，利用實測資料求得流速剖面分布。

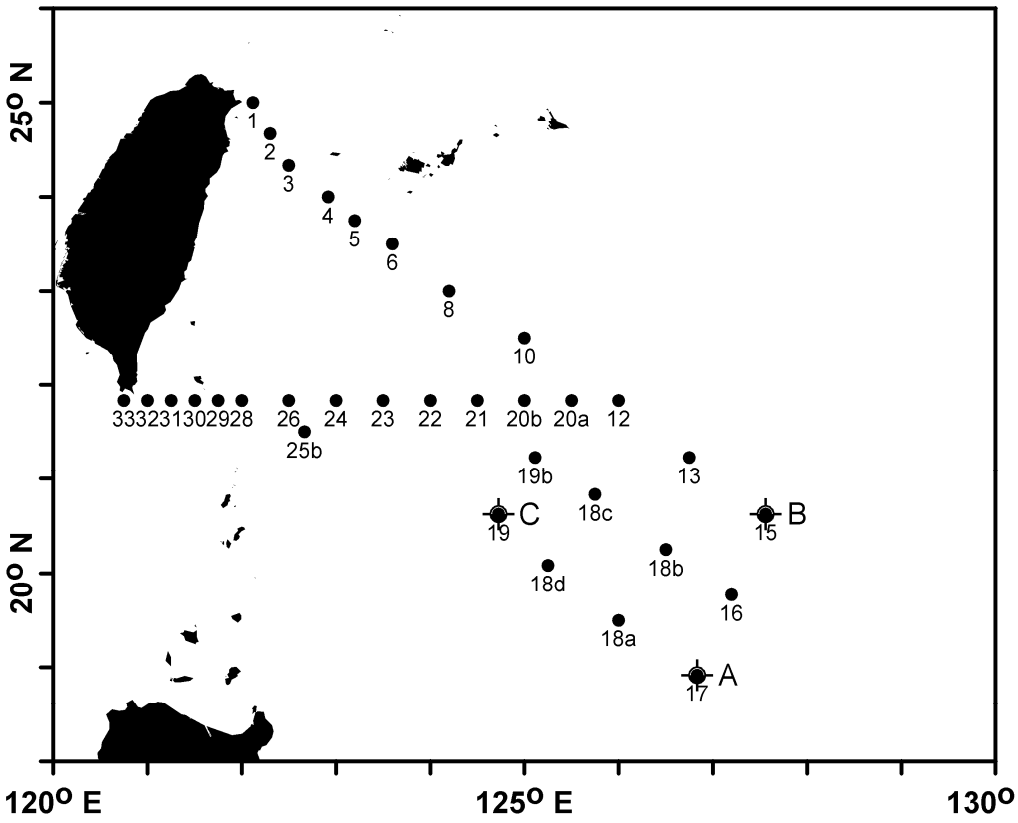


圖2-14　MOSSAT航次航線圖

分析方法如下所述：

$$2\Omega \sin\phi V_1 = g \tan i_1 \tag{1}$$

$$2\Omega \sin\phi V_2 = g \tan i_2 \tag{2}$$

由式(1)及式(2)得知

$$2\Omega \sin\phi (V_1 - V_2) = g(\tan i_1 - \tan i_2) \tag{3}$$

換句話說

$$
\begin{aligned}
2\Omega\sin\phi(V_1-V_2) &= g\left(\frac{B_1C_1}{A_1C_1}-\frac{B_2C_2}{A_2C_2}\right) \\
&= \frac{g}{L}(B_1B_2-C_1C_2) \\
&= \frac{g}{L}(B_1B_2-A_1A_2) \\
&= \frac{g}{L}\left[(z_1-z_3)-(z_2-z_4)\right]
\end{aligned}
\tag{4}
$$

由液體靜力方程式(Hydrostatic equation)

$$g=-\alpha \mathrm{d}p \tag{5}$$

$$
\begin{aligned}
\therefore \int_{B_1}^{B_2} g\mathrm{d}z = g(z_3-z_1) &= -\int_{p_1}^{p_2}\alpha_B \mathrm{d}p \\
&= -\left[\int_{p_1}^{p_2}\alpha_{35,0,p}\mathrm{d}p+\int_{p_1}^{p_2}\delta_B \mathrm{d}p\right]
\end{aligned}
\tag{6}
$$

同理，$g(z_4-z_2)=-\left[\int_{p_1}^{p_2}\alpha_{35,0,p}\mathrm{d}p+\int_{p_1}^{p_2}\delta_A \mathrm{d}p\right]$ (7)

將式(6)與式(7)分別乘上-1，然後再相減((6)x(-1)-(7)x(-1))，最後再除以L，其結果如下式。

$$\frac{g}{L}\left[(z_1-z_3)-(z_2-z_4)\right]=\frac{1}{L}\left[\int_{p_1}^{p_2}\delta_B \mathrm{d}p-\int_{p_1}^{p_2}\delta_A \mathrm{d}p\right] \tag{8}$$

比較式(4)與式(8) $\Rightarrow$

$$
\begin{aligned}
(V_1-V_2) &= \frac{1}{L2\Omega\sin\phi}\left[\int_{p_1}^{p_2}\delta_B \mathrm{d}p-\int_{p_1}^{p_2}\delta_A \mathrm{d}p\right] \\
&= \frac{1}{L2\Omega\sin\phi}\left[\Delta\Phi_B-\Delta\Phi_A\right]
\end{aligned}
\tag{9}
$$

$$(V_1-V_2)=\frac{10}{L2\Omega\sin\phi}\left[\Delta D_B-\Delta D_A\right] \text{ where } \Delta D=\int_{p_1}^{p_2}\delta \mathrm{d}p \tag{10}$$

本計畫據此方法，計算擬布放位置之流速分布，如圖2-15所示。

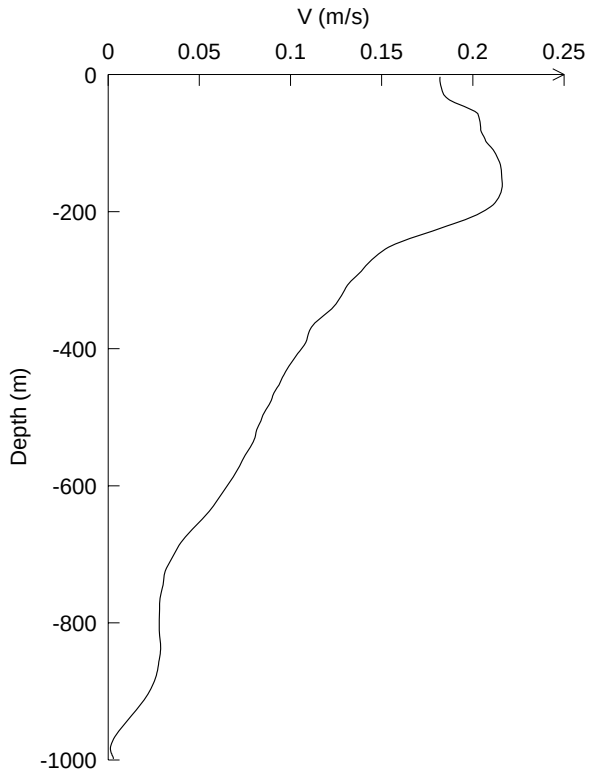


圖2-15　擬佈放位置之流速分布

三、波浪調查

以往計算設計波浪條件時，都是以海域中某地點所發生波浪值作迴歸分析，但不是每個工程施工地點均有裝設波浪觀測儀器，且迴歸分析需有長期之波浪觀測資料，並且當颱風侵襲時，波浪量測儀器的損壞率又特別高，因此應用實測迴歸分析作為設計波浪難免有疏漏及困難之處，所以必須採用另一種較經濟可行的辦法，就是利用風浪模式模擬波浪。

氣象局利用NWWIII波浪模式計算波浪大小，NWWIII波浪模式的特點在於以波譜作用力密度平衡方程式作為求解周波數方向譜，且模式計算時有兩個假設，一為計算過程中方程式假設為隱式解(implicit integration)，波浪場可以自行在空間和時間尺度上變化，其遠大於單一波浪的尺度變化；二為假設波浪傳遞過程中物理機制的參數化，由於模式不能滿足波浪在變化急遽的水

深下模擬，所以模式較適用於地形變化不大的海域。基於這兩個假設，模式可以運用在格網尺度大於1至10公里以及波浪碎波外的區域。NWWIII波浪數值模式利用風場資料計算颱風波浪，範圍為東經104.5至154.5度、北緯1.5至40.5度，網格間距為0.5度，時間間隔為12小時；本計畫擬佈放資料浮標的位置如圖2-16白色方框abcd所示，為了經由統計分析推算5、10年復現期之最大颱風波高以作為設計波高資料，選取東經122至123度、北緯21至22度共九個網格點之歷史波高資料進行分析，相關位置如圖2-16 abcd四點方框所示。

本計畫使用NWWIII波浪模式直接計算2002年1月至2005年5月波浪，選取每月最大波高，如表2-4所示，據此以甘保氏(Gumbel)極端分布與韋伯(Weibull) 分布，分別統計不同重現週期下之颱風波浪，其推算方法如下所述。

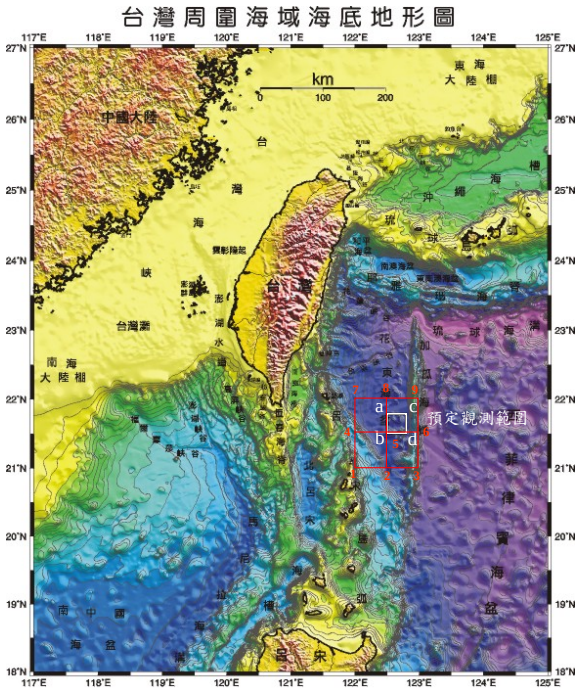


圖2-16　NWWIII波浪模式計算範圍(紅色實線)(圖摘自國家海洋科學中心)

表2-4　每月最大波高統計表(資料來源：氣象局)

位置 年月	122°E 21°N	122.5°E 21°N	123°E 21°N	122°E 21.5°N	122.5°E 21.5°N	123°E 21.5°N	122°E 22°N	122.5°E 22°N	123°E 22°N
200201	784	806	762	733	760	731	656	695	688
200202	571	569	569	538	550	558	516	536	548
200203	841	839	861	823	820	814	800	796	788
200204	408	422	433	422	433	443	437	453	461
200205	351	359	361	378	400	408	353	372	388
200206	323	357	366	380	408	414	343	412	459
200207	1009	1131	1288	1085	1198	1367	1160	1214	1367
200208	699	691	676	749	747	731	741	749	743
200209	790	814	818	820	853	859	853	910	942
200210	833	821	794	823	827	814	782	804	804
200211	995	1013	1013	877	926	952	756	835	883
200212	1121	1139	1166	1127	1192	1233	1162	1239	1281
200301	855	839	857	808	812	849	749	867	928
200302	794	798	796	676	703	743	630	674	715
200303	682	705	735	666	725	751	699	770	800
200304	892	950	1001	888	948	983	821	887	936
200305	510	512	498	522	534	528	508	534	538
200306	597	634	678	619	662	705	628	674	719
200307	1895	1810	1779	1810	1728	1657	1722	1659	1596
200308	1503	1485	1460	1273	1288	1284	1028	1070	1091
200309	1643	1479	1379	1933	1842	1747	1631	1653	1627
200310	786	818	837	711	755	786	699	753	788
200311	967	973	1028	953	973	1020	910	985	1046
200312	1158	1206	1235	1072	1137	1180	1036	1127	1180
200401	831	914	975	766	853	920	758	835	879
200402	1030	1099	1135	991	1068	1099	918	1001	1040
200403	959	981	1007	873	896	924	857	871	865
200404	678	682	684	660	658	656	630	628	624
200405	999	1056	1099	965	999	1028	918	940	955
200406	1515	1594	1639	1464	1507	1529	1359	1387	1403
200407	1117	1322	1621	1259	1541	1781	1505	1726	1860
200408	906	885	861	924	904	881	916	914	894
200409	581	581	585	601	603	611	630	640	656
200410	1663	1649	1596	1775	1866	1956	1826	1344	1353
200411	875	865	859	821	812	802	762	762	749
200412	1602	1550	1541	1511	1468	1424	1598	1456	1351
200501	965	979	975	948	973	969	910	955	957
200502	936	932	906	946	957	940	936	977	969

200503	981	969	979	959	959	940	928	961	944
200504	634	617	607	613	597	587	571	567	559
200505	286	284	278	329	335	331	351	386	392

（1）甘保氏極值分布法

若以甘保氏極值分布推算不同重現週期，由Chow(1964)提出之頻率分析一般式為

$$x_T = \bar{x} + K_T s \tag{1}$$

式中 x_T 為重現期T事件之值，$\bar{x}$ 為樣本平均值(mean)，s為標準偏差(standard deviation)，K_T 為頻率因子(frequency factor)。定義衰減變數(reduced variate)為

$$y = \alpha(x - \beta) \tag{2}$$

$$\alpha = \frac{\sigma_y}{\sigma} \tag{3}$$

$$\beta = \mu - \frac{\mu_y}{\alpha} \tag{4}$$

其中μ和σ為紀錄事件的平均值及變異數，μ_y和σ_y為減衰變數之平均值及變異數。利用式(1)和甘保氏極端值分布之累積機率分布(cumulative probability distribution)， 如下式：

$$F(x) = \exp\left[-\exp\left(-\alpha\left(x - \beta\right)\right)\right] \tag{5}$$

可得減衰變數y_T和重現期(return period)關係為

$$y_T = -\ln\left[-\ln\left(\frac{T-1}{T}\right)\right] \tag{6}$$

當記錄事件個數n為無窮大之情況下，即$n \to \infty$，則頻率因子可表示成

$$
\begin{aligned}
K_T &= \frac{y_T - \mu_y}{\sigma_y} \\
&= -\frac{1}{\sigma_y}\left\{\mu_y + \ln\left[\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right]\right\} \\
&= -\frac{\sqrt{6}}{\pi}\left\{0.5772 + \ln\left[\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right]\right\}
\end{aligned} \tag{7}
$$

（2）韋伯分布法

本計畫亦應用韋伯(Weibull)分布來進行回歸分析，其統計方式如下：

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x-B}{A}\right)^k}, \quad B \le x \le \infty \tag{8}$$

$$f(x) = \frac{x}{A}\left(\frac{x-B}{A}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{x-B}{A}\right)^k} \tag{9}$$

式中x為樣本變數，$f(x)$為機率密度函數，$F(x)$為累積機率函數，A、B為描述機率密度函數之參數，B與樣本平均值有關，稱為位置參數，而A為變異數，稱為尺度參數，k為形狀常數，k值大小決定機率函數，根據張和澎(2001)之研究中利用Goda(2000)建議，指出k=2時具有較佳的效果，力矩法中可求出A、B值分別可表示為

$$\bar{x} = B + A\Gamma(1+\frac{1}{k}) \tag{10}$$

$$\sigma = A\left[\Gamma(1+\frac{2}{k}) - \Gamma^2(1+\frac{1}{k})\right]^{1/2} \tag{11}$$

其中$\bar{x}$為樣本平均值，σ為變異數，$\Gamma()$為Gamma函數。

$$P(X \ge x) = \frac{1}{T} \tag{12}$$

$$F(x) = 1 - P(X \ge x) = 1 - \frac{1}{T} \tag{13}$$

上式中 $P(X \geq x)$ 為所有發生事件中大於某特定事件x的發生機率，T為其重現期距，利用上二式之關係可得

$$x = B + A\left[-\ln(\frac{1}{T})\right]^{1/k} \tag{14}$$

據此式可計算出不同重現期之迴歸值。

表2-5為5、10年重現期之最大波高統計表，比較甘保氏極值分布與韋伯分布所推算的最大設計波高，在重現期5、10年情況下，各網格點之極值分布統計之最大設計波高皆大於韋伯分布。又網格點於東經123度、北緯21.5度，以甘保氏極值分布計算出的最大設計波高皆大於其他網格點之值，故本計畫分別採用重現期5年之最大設計波高20.17m與重現期10年之最大設計波高22.29m，作為設計使用。

表2-5　不同重現期之最大波浪計算結果

重現期(年) \ 地點		122°E 21°N	122.5°E 21°N	123°E 21°N	122°E 21.5°N	122.5°E 21.5°N	123°E 21.5°N	122°E 22°N	122.5°E 22°N	123°E 22°N
5	Gumbel 分布	19.36	19.26	19.65	19.36	19.69	20.17	18.83	18.36	18.62
	Weibull 分布	18.31	18.24	18.60	18.30	18.63	19.07	17.79	17.40	17.66
10	Gumbel 分布	21.39	21.24	21.67	21.41	21.76	22.29	20.82	20.21	20.49
	Weibull 分布	19.64	19.53	19.92	19.64	19.98	20.46	19.10	18.61	18.88

2-2-4　外海資料浮標資料傳輸方式

目前氣象資料浮標測站為近海測站，在海上與岸上接收站之間資料傳輸以無線電方式及GSM系統傳送。本計畫預計佈放外海資料浮標海域，為蘭嶼東方海面約300公里處，加瓜海脊西側臨近海域，與台灣相距甚遠，外海資料浮標系統之無線電傳輸及GSM系統傳輸距離有限，無法將資料傳送回台灣；目前國人佈放遠洋浮標，資料收集方式皆由資料截取系統記錄收集，待年度更換或定期保養時，再取回記錄的海域氣象資料，無法利用即時通訊，獲得即時海氣象資訊，就無法評估颱風對台灣可能造成的影響。因此本計畫參考美國資料浮標中心（NOAA/NDBC）的作法在資料浮標上加掛衛星通訊設備，直接將觀測資料傳回台灣本島，利用衛星通訊取代無線電系統及GSM通訊系統為最合適的方案。

本節就衛星通訊之發展、衛星通訊之特性及傳輸費用比較加以說明評估後，提出最適用之衛星通訊系統。

一、衛星通訊之發展

西元1957年，蘇俄首先將斯普尼克人造衛星發射進入地球軌道後，衛星科技進步神速，目前在同步軌道(赤道上空36,000公里)上運作的衛星已漸飽和，其中Inmarsat及Argos等衛星通訊系統被廣為運用。西元1990年摩托蘿拉公司(Motorola)宣佈銥計畫，係利用低地球軌道(low earth orbit ,LEO)，在1,500公里以內的66顆衛星(最先規劃77顆衛星，正好為銥元素之電子數，後經進一步研究，減至66顆，唯銥計畫已廣為人知，故未更名)，來達到全球通訊之目標。由於極富創意，深受全球矚目，並觸發了其他衛星計畫，包括Globalstar(發射48顆低軌道衛星)，Odyssey(發射12顆中軌道衛星，10,000公里左右)等。

二、衛星通訊之特性

①適應性：

同步衛星通訊系統可固定於某衛星含蓋範圍內，通訊時間無死角；非同步衛星，通訊時必需於系統上空有衛星通過始能通訊，通訊時間有死角。同步衛星之適應性高於非同步衛星。

②可靠性：

衛星通訊不需要透過基地台轉接，可直接將資訊傳遞，可減少因基地台或接收站的故障，造成資料無法傳遞之風險，所以可靠性高於GSM及無線電傳輸。

③經濟性：

目前衛星通訊尚未達到普及化，所以通訊費相對的較一般普及化通訊系統高出許多。

三、衛星傳輸系統功能及費率評估

目前可供選用的衛星通訊設備很多，主要為近幾年發射營運的銥計畫(Iridium)、全球星(Global Star)，以及Inmarsat、ARGOS等，本計畫就以上幾個衛星經營集團的穩定性、傳輸系統功能、涵蓋範圍以及傳輸設備之體積重量、用電以及與其他子系統（如「資料收取、控制、分析」、「電力」等系統）之相容性等條件進行評估，找尋並測試適合於外海海氣象資料浮標的衛星傳輸設備。

①衛星傳輸系統功能評估

Inmarsat-C是一個很穩定的通訊系統，但只能單向傳輸，由於採用同步衛星，軌道高度甚高，其每一顆衛星於地表通訊涵蓋範圍(footprint) 大，在傳輸時所需之電力也較

高。Iridium及Global Star都採用低軌道衛星，這兩種通訊系統在所需電力、設備費用、通訊費用上，差別不大。其中Global Star 系統的衛星之間並無通訊能力，衛星必須與地面站通訊，故在傳輸時，可能會有死角。Iridium系統包括了66個低軌道衛星，低軌道衛星之間可相互通訊，也可以與地面站通訊，所以通訊傳輸可以包涵全球各地，沒有死角。

幾年前，Iridium系統之財務發生困難，後經美國國防部資金挹注，目前已經是相當穩定的衛星通訊系統。Iridium因有美國國防部之資助與背書，在財務與系統上較無問題，而相關資料顯示，Global Star在財務上可能會較有問題。一般而言，Iridium系統使用聽筒式之電話 (Iridium phone)通訊，但是對資料傳送，可採用Iridium modem，所需要之設備為RS232及天線之接頭即可。

表2-6　Inmarsat及銥計畫系統比較

規格	Inmarsat	銥計畫
主機電源供應	使用時開機	處與開機狀態
主機能源消耗	12W	0.64W
主機價格	約 NT$50,000	約 NT$150,000
主機尺寸	215mm（H）x245mm（L）x60mm（H）	146mm（H）x57mm（W）x48mm（L）
營運與否	已營運	已營運

ARGOS 通訊系統並非同步衛星，無法定時傳送浮標所量測到的資料，故並不適合用在定時的資料通訊。

②衛星傳輸費率評估

目前國內較普及的衛星通訊以Inmarsat及銥計畫為主，並都符合可雙向溝通功能，所以將兩衛星系統計費方式以表格方式列出（如表2-7及表2-8所示）；目前，Iridium系統之通訊費用有許多不同之選擇，因為台灣未有銥計劃

衛星代理商，在價格上由各代理公司自行制定，所以可透過龍亭、東剛與相宇等公司，向鄰近國家如新加坡代為辦理申請。

表2-7　Inmarsat計費方式

計費方式 / 計費種類		每六秒		
		通訊類型	一般時段	減價時段
電話	直接撥接	A	18	15.3
		B	14	12.6
		M	14	12.6
		Mini-M	12	10.8
		M4	12	10.8
		Fleet	12	10.8
		B-HSD	50	45
		M4-HSD	42	37.8
		Fleet-HSD	42	37.8
電報	每字	34		
電報交換	每六秒	13.24		

表2-8　銥計畫計費方式

廠商 / 計費方式	龍亭	東剛	相宇
月租費	US $25	US $25	US $31
銥衛星電話→銥衛星電話	US $0.65/min	US $0.99/min	US $0.65/min
室話→銥衛星電話	US $1.49/min	US $1.49/min	US $1.49/min
銥衛星電話→全世界陸地端	US $1.49/min	US $1.99/min	US $1.49/min
銥衛星電話→INMARSAT	US $9.99/min	US $9.99/min	US $9.99/min
預付卡計費	—	—	月租費減半

外海資料浮標資料傳輸規劃上必須可與氣象局監控中心進行雙向溝通，並且需具備觀測後資料立即回傳之功能，因此由上

述各家衛星電話進行評估後之說明，選用具備有雙向傳輸功能的Iridium衛星，是目前最適合整合至外海資料浮標進行觀測作業上之需求。

四、銥計畫傳輸設備介紹

銥衛星傳輸設備包含衛星傳輸機、傳輸線材以及衛星天線，本計畫採用之衛星傳輸機為美國NAL公司的Iridium Satellite Modem Model A3LA-D，如圖2-17所示，主要規格如表2-9所示。該數據機主要的特色是體積小、重量輕、易於安裝，且具有RS-232介面，與資料浮標資料擷取系統通訊介面相容，可以使用撥接方式傳輸資料、簡短資料(Short-burst data)及簡短訊息(Short messaging)等方式傳輸資料，而且資料浮標儀器艙之溫溼度條件符合銥計畫衛星數據機對環境之要求；本計畫所採用的衛星天線，選用設備亦為NAL公司的衛星天線，型號為SAF5350-B，如圖2-18所示。其體積小、重量輕，而且在水平面上無方向性，適合安裝於外海資料浮標，其輻射強度於水平面以上45度內最強。

圖2-17　銥計畫衛星傳輸機

圖2-18　銥計畫衛星天線

表2-9　銥計畫衛星傳輸機主要規格表

	項目	規 格
1	尺寸	19.64 cm x 8.26 cm x 3.9 cm
2	介面	RS-232
3	電波頻率	1616 to 1626.5 MHz
4	資料傳輸功能	簡短資料: 1960 Bytes/訊息 簡短訊息: 160 字元
5	操作溫度	–30℃ to +60℃
6	操作溼度	< 85% RH
7	耗電量	~1A @ 4.4VDC
8	重量	0.61 Kg

表2-10　銥計畫衛星天線主要規格表

	項目	規 格
1	尺寸	8.3cm x 18.7 cm
2	輻射場型	半球型
3	電波頻率	1616 to 1626.5 MHz
4	輻射強度	0° : 0.04dBic 0~45° : 1.4dBic 45~82° : -0.25dBic
5	操作溫度	–40℃ to +85℃
6	重量	0.181 Kg

2-2-5　外海資料浮標錨鍊設計及採購

外海浮標設計將資料浮標由近海移至外海時,氣象局現行錨鍊系統必須重新設計,參考國內外在設計外海浮標的錨鍊系統時將錨鍊設計分為三部分,上半部、中間部分及下端部分,上半部及下半部為了克服環境上限制,皆採鐵鍊材質,避免底床磨損或遭人為破壞,中間部分錨鍊材質則會隨佈放水深及環境條件不同而改變,也是整體錨鍊配置關鍵之處。

本計畫錨鍊設計考量因素說明如下:

一、浮標殼體之特性與預浮力

浮標殼體大小會影響錨鍊設計時材質及長度,小的資料浮標殼體(如氣象局現行採用殼體直徑2.5m),預浮力較小,錨鍊長度較短,一般放置在近海區域,若本計畫資料浮標放置水深達4880m,錨鍊長度會較長,需採用資料浮標殼體,會較大預浮力以抵抗錨鍊產生拉力。

二、佈放位置之水深

水深是影響錨鍊設計最重要的考量,在設計前應從海圖或其他資料獲得此資訊。氣象局現行浮標皆在台灣水深100m以內,是屬於近岸海上活動較頻繁之處,錨鍊較容易被破壞,所以大都採用全鐵鍊材質,本計畫水深達4880m,若採用全鐵鍊會影響資料浮標隨波性,參照美國資料浮標中心設計,中間部分錨鍊材質會採用較輕繩索(尼龍、聚丙烯繩索)。

三、佈放位置外海浮標之海氣條件

佈放位置海氣象條件(風、流、波浪)會決定繩索強度,在繩索強度需能抵抗佈放位置平時長時間海象作用,亦需抵抗惡劣天候海象條件,設計前應充分蒐集或調查此方面資訊,才能選擇強度合適繩索。

四、佈放地形及地質

佈放位置海底應為平體砂質底床最好，若在陡坡或是珊瑚區，皆是不良，會容易造成錨碇滑動或發生錨鍊纏繞情形，本計畫選擇區域在加瓜海脊山底平體區域，詳細位置需進一步調查確認。

五、繩索使用壽命

選用錨鍊材質使用壽命亦是重要考量點，參照美國資料浮標中心設計及外海使用經驗，中間部分錨鍊材質使用壽命需達6年以上，然而上半部錨鍊由於在較易受到破壞區域，需1~2 年配合浮標回收佈放一併進行。

六、其他考量

若佈放位置在航道或漁業作業區，上半部錨鍊採用鐵鍊部分需加長，避免容易受到破壞或纏繞到漁網，當然選擇位置時應避免此種區域，另外魚類咬食錨鍊也會發生錨鍊斷裂情形，這種在太平洋或熱帶海域常發生，這亦是錨鍊設計時材質所需注意地方。

依據上述原則本計畫提出國外美國國家資料浮標中心及國內台大海洋所在外海浮標設計及實際布放情形，提出適合本計畫所執行外海觀測波浪及海資訊之方案，以下對於兩單位之方法做簡要說明：

一、美國國家資料浮標中心外海浮標設計及實際佈放經驗

依據美國國家資料浮標中心鄧中柱博士在外海資料浮標可行性研究中，對於1000m水深測波及其他海象資訊提出傳統式反垂懸錨鍊及改良式反垂懸錨鍊兩種建議，其中改良式反垂懸錨鍊在底床採用5m鐵練，這種較傳統式反垂懸錨鍊60m鐵鍊方式可節省較多鐵鍊之優點，若以改良式反垂懸錨鍊來考量，其錨鍊水深比為1.5(錨鍊1515m，水深1000m，如圖2-19所示)。

在浮標佈放及回收方面，美國國家資料浮標中心採用大型研究船進行海上載運及大型道具進行布放，回收時利用大型研究船吊具將舊浮標吊至船上，在繫在舊浮標下錨鍊連接至新浮標上，所以錨鍊一般而言可使用2~3以上。

二、台大海洋所外海浮標設計及實際佈放經驗

台大海洋所為了觀測海流、海溫及鹽度等海氣象資料，引用國外如美國國家資料浮標中心等單位已在使用之ATLAS錨鍊設計法(如圖2-20)，這種錨鍊設計與上述傳統式反垂懸錨鍊及改良式反垂懸錨鍊方法最大不同就是量測目的不同，為了精確及完整量測海流、海溫及接收底碇式地震量測到震動資訊，必須讓錨鍊不要過度上下飄動，採用接近全緊拉錨鍊設計，其錨鍊水深比為1.05(錨鍊5750m，水深5500m)。

ATLAS錨鍊在浮標下端為避免受到魚類咬食及漁民破壞，第一部分500m採用鋼索，並在此段500m上皆有裝設測計，為了方便每年回收，在繩索最後一段設置浮球及音響釋放儀，回收時只要水下音響釋放儀接收到水面上發射回收音波，音響釋放儀會自動解開繫在下端繩索，再由浮球將音響釋放儀及其上端錨鍊拉至水面，讓船上研究人員回收。台大海洋所使用音響釋放儀可以承受6000m水深及5噸拉力。

依據上述兩種不同錨鍊設計及回收方式，考慮ATLAS錨鍊系統與水深比為1.05，資料浮標及錨鍊承受較大波浪及海流時，整條錨鍊會被拉直，因而限制浮標隨波性，且會讓錨鍊承受較大張力，相反美國國家資料浮標中心鄧中柱博士提出改良式反垂懸錨鍊設計，由於其錨鍊水深比為1.5，在水中中繼浮球將下端錨鍊完全拉起，下端錨鍊可避免與底床接觸摩擦，上端較充裕錨鍊與浮標承受較大波浪及海流時，其錨鍊張力較ATLAS錨鍊小，較不會因為外力超過錨鍊可承受張力而產生錨鍊斷裂情形，且可提供資料浮標較好的隨波性。

所以美國國家資料浮標中心改良式反垂懸錨鍊設計較適合本計畫觀測目的，在避免魚類咬食及漁民破壞及考慮浮標回收便利性，ATLAS錨鍊在錨鍊第一部份採用500m及錨鍊最下端設置浮球及音響釋放儀方式等設計概念可提供作為修正部份美國國家資料浮標中心改良式反垂懸錨鍊設計。

由於本文引用鄧中柱博士提出錨鍊設計在1000m，但水深增加至4880m時，參考美國國家資料浮標中心錨鍊設計手冊，錨鍊水深比為1.15~1.25應較為適當，故依上述說明，錨鍊水深比採用1.15，配合分析及調查波浪及海流等環境條件來做錨鍊長度材質及配件選用，設計說明如下如圖2-21。

在外海資料浮標錨鍊完成設計後，錨鍊規格如表2-11所示，於民國94年10月30日進行外海資料浮標錨鍊系統招標作業（如圖2-22及圖2-23所示），順旺五金有限公司及元集實業有限公司兩家廠商進行投標，由元集實業有限公司得標；元集實業有限公司於民國94年11月30日完成交貨（如圖2-24所示）。

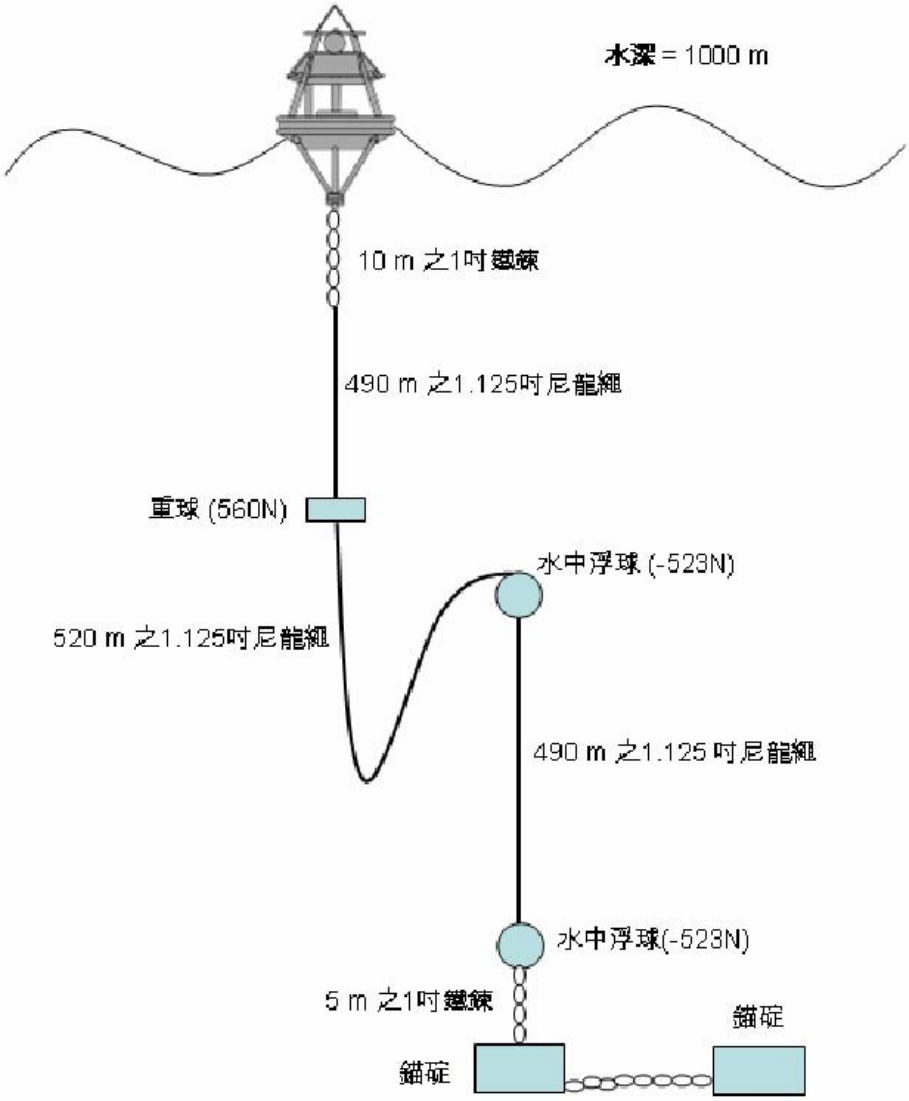


圖2-19　美國國家資料浮標中心一千公尺改良式反垂懸錨鍊

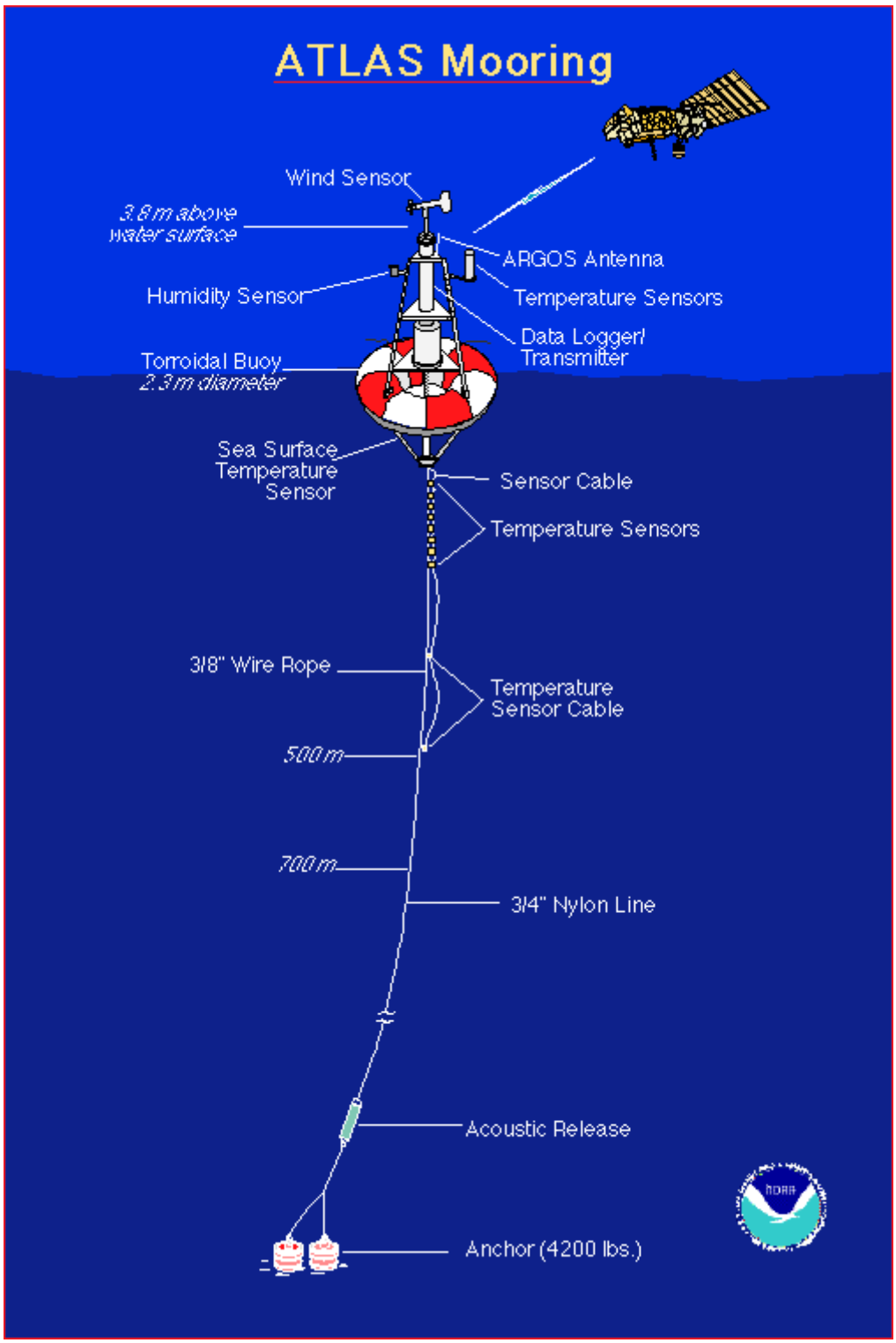


圖2-20　ATLAS錨鍊設計

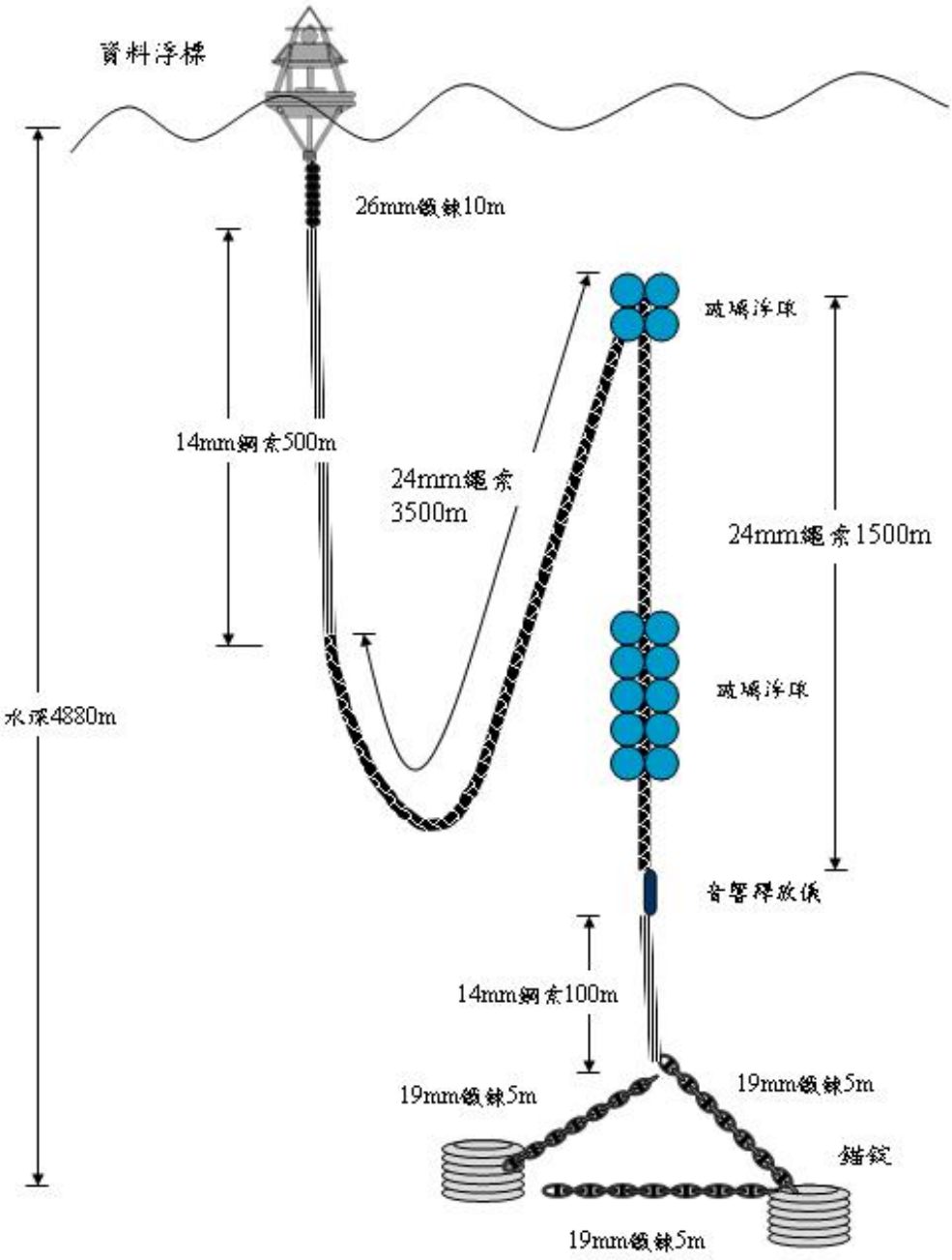


圖2-21　外海資料浮標現場示意圖

表2-11　外海浮標錨鍊規格

項次	品 名	規 格	用途	數量
1	錨鍊	1.直徑：3/4 inch 2.材質：合金鋼經二次熱鍍鋅防蝕處理，鍍鋅量達 600g/m^{2}以上 3.安全強度：150KN 以上 4.破壞強度：211KN 以上 5.交貨時需附上出廠規格證明及船級協會（金屬工業研究發展中心或中國驗船中心）拉力測試證明文件	連接繩索錨錠及副錨	1 式 110 公尺
2	恰克鐵鍊連結器	1.直徑：3/4inch 2.材質：sus304 不鏽鋼恰克 3.破壞強度：195.2KN 4.螺桿需附兩個重型（大頭六角）不鏽鋼螺帽與尾端鑽孔加上一支不鏽鋼安全插銷 5.交貨時需附上出廠規格證明及船級協會（金屬工業研究發展中心或中國驗船中心）拉力測試證明文件	連接浮標錨鍊繩索及副錨	100 個
3	轉環	1.直徑：3/4inch 2.材質：sus304 不鏽鋼 3.安全強度：156KN 以上 4.交貨時需附上出廠規格證明及船級協會（金屬工業研究發展中心或中國驗船中心）拉力測試證明文件	連接錨鍊	4 個
4	不鏽鋼索	1.直徑：14mm，長度：300m。 2.材質：sus304 不鏽鋼(stainless steel wire rope) 3.破壞強度：110.7KN 以上 4.鋼索附兩個 38mm 不鏽鋼毛眼，兩端鋼索嵌入環眼編織 5.交貨時需附上出廠規格證明及船級協會（金屬工業研究發展中心或中國驗船中心）拉力測試證明文件	連結錨鍊及錨碇系統	1 套
5	20MM 高強度八股尼龍繩索	1.每 500 公尺一捆共計 5500 公尺，每捆附一台木輪，驗收時需將 500 公尺繩索捆在木輪上，在圓盤與圓柱間上下各崁入 sus304 不鏽鋼固定螺栓以連接圓盤及圓柱，交貨時以一般商業包裝方式 2.尼龍繩直徑：20mm 3.尼龍繩安全強度：70.9KN 4.繩索環眼編織可為下列兩種方式： ①每捆繩索需附兩個 19mm 不鏽鋼環眼，兩端繩索崁入不鏽鋼錨眼編織 ②繩索兩端編插 19mm 環眼並加裝護套，環眼中需崁入塑膠圓軸，於每個連接恰克鐵鍊連結器崁入塑膠圓軸（需 22 個），製作樣式需依本單提供樣品或照片為主 5.交貨時需附上出廠規格證明及船級協會（金屬工業研究發展中心或中國驗船中心）拉力測試證明文件	連結錨鍊及錨碇系統	1 捲

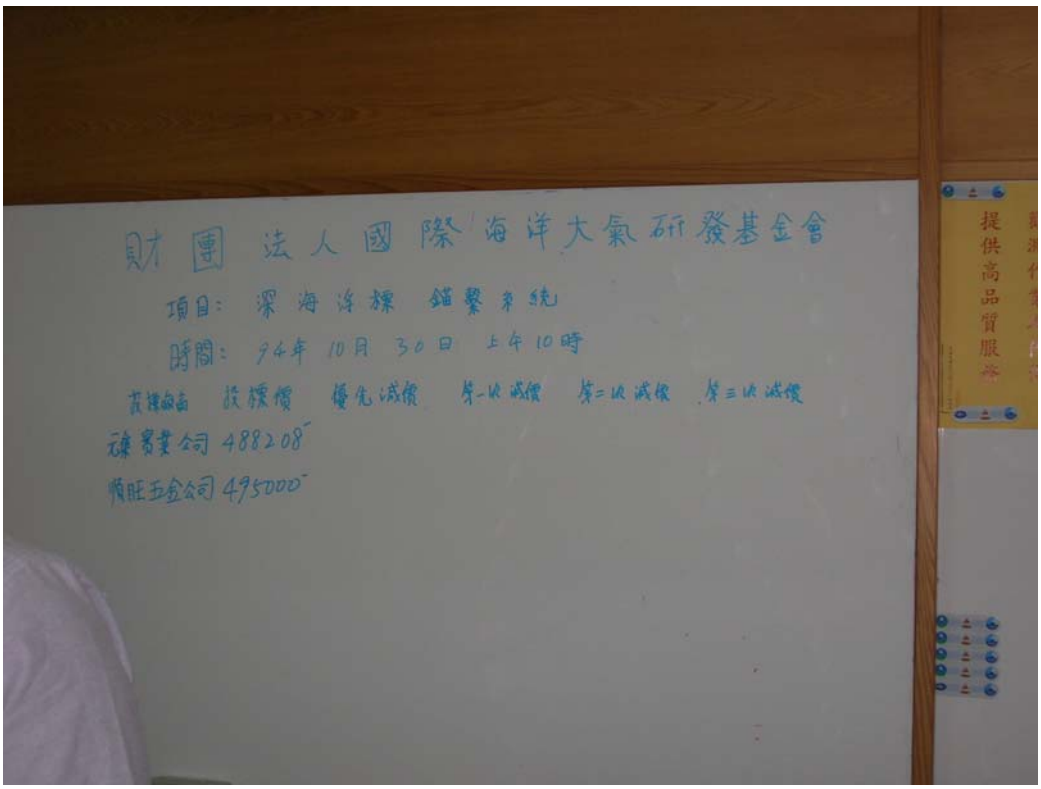


圖2-22　外海資料浮標錨鍊系統招標過程Ⅰ

圖2-23　外海資料浮標錨鍊系統招標過程Ⅱ

圖2-24　錨鍊系統交貨完成

2-2-6　外海資料浮標殼體改良

本計畫明年（95年）預計佈放之資料浮標，為氣象局在近海資料浮標之備品，目前設置的台灣環島資料浮標其殼體之設計為適合近海環境，因佈放水深4000公尺以上，因此在其殼體改良上，因應浮標下方錨鍊系統較近海浮標為重，需再增加浮標本身浮力，所以在浮標外殼加上一圈長：7.8公尺、寬：0.16公尺、高：0.4公尺之發泡材，浮標浮力增加499公斤，殼體上加上發泡材也可防止漁船碰撞受損的機會。

有鑑於本年度水利署作業化的蘇澳資料浮標受海棠颱風侵襲後發生進線管斷裂，因此在改良外海資料浮標時，將進線管進行改良（如圖2-25及圖2-26所示），避免因進線管斷裂海水進入，而損害資料浮標內的資料擷取系統。

氣壓計在颱風過後受損情形頗為嚴重，所以在氣壓計的氣孔上增加更長的彎曲鐵管（如圖2-27所示），利用儀器本身外觀的改良方式增長儀器在外海海面上作業時間。

圖2-25　進線管改良前

圖2-26　進線管改良後

照片2-27　氣壓計的改良

在資料擷取系統的改良上，雖然浮標內倉經過氣密測試，但空氣中所攜帶的水氣在浮標內倉的高溫環境下，凝結成水滴而造成擷取系統受損，因此將現行使用的資料擷取系統（如圖2-28所示），改良成防潮箱避免水氣的侵害（如圖2-29所示）。

2-2-7　外海資料浮標系統整合測試

外海資料浮標預計佈放於台灣東方300公里海域，在佈放後浮標系統產生異常狀況，因經費限制無法與近海浮標發生異常時相同的處理方式，因此浮標佈放前為確保浮標系統在佈放後之穩定性，其儀器及擷取系統須經過長時間的檢驗測試（如附錄三），資料浮標經過檢驗測試後，確保其系統及儀器狀況穩定後再行佈放。

避免外海資料浮標受外力作用後漂移，所以整合一套獨立發報的GPS系統（如圖2-30所示），來維護其安全並且掌握外海資料浮標之行蹤，此GPS系統能量供應及資料傳輸都不需經資料浮標上的擷取系統提供，整合兩套GPS數據更能確保資料浮標之安全。

圖2-28　現在使用的資料擷取系統

圖2-29　改良後資料擷取系統

圖2-30　獨立發報之GPS系統

第三章　船舶海氣象觀測試辦

3-1　船舶海氣象觀測運作狀況

為落實國內商船參與海氣象觀測資料搜集政策、氣象法規定及國際氣象組織自願觀測艦隊的精神，交通部科技顧問室於92年借鏡先進國家船舶海氣象觀測發展趨勢與實務作法，進行各項觀測與傳輸技術的整合，已研製船舶海氣象自動觀測系統原型(如圖3-1所示)。此系統包含：(1)船舶部分設置甲板端船用觀測站與船橋端資訊展示系統；(2)岸上部份設置衛星傳輸基地台、資料監控品管中心與資訊展示系統，架構圖如圖3-2所示。此為全自動無人海氣象監測系統，具高度擴充性與耐海性、體積小、能源自給自足，安裝於船橋頂端，易於維修；船橋端展示即時氣象資料及天氣與波浪預報資訊，岸上資料中心隨時掌握各船舶位置之海氣象動態；依據船舶動態與姿態，進行風速風向修正，以量測風速風向對地真值。

船舶部分的甲板端船用觀測站於海洋現場進行觀測，同時以無線電與船橋端資訊展示系統進行數據通訊，使得觀測資料能於船橋端進行即時展示；甲板端船用觀測站透過銥衛星即時傳輸至岸上資料監控品管中心。經監控品管中心的資料品性管理後，資料即匯入資料庫，並以網頁形式進行展示與通報服務。甲板端船用觀測站的感測器端包含四個部分：船舶動態感測器、海氣象儀器與資料擷取分析系統與通訊傳輸設備。觀測因子有：風速及風向、大氣壓力、氣溫、溼度、船舶航向、航速及船首方位、船舶經緯度、系統電壓及相關感測器生命狀態指標，船舶海氣象量測儀器與規格如表3-1所示。為延續交通部研發成果，採購事宜於今年度94年10月7日由中華海運協會撥交至交通部科技顧問室，由海象測報中心持續推動國內自動船舶觀測艦隊。本計畫在今年度計畫執行期間內，繼續執行立烈輪船舶觀測作業，並已完成兩次之定期維修作業。

為繼續擴展國內的自動船舶觀測艦隊，本計畫積極尋找航商支持安裝船舶系統，首先接洽的單位是中國石油公司，本計畫於94年8月17日於台北市中油公司總部五樓，在海象中心主任陪同下，與中油公司海運事業籌備部隨行座談，但因該公司的油輪運載高危險的石油液體，如預安裝系統

於船上，需辦理繁複的安全行政手續，恐無法於合約期間內完成。遂再與國內第二大航商陽明海運接洽，經於94年8月24日與陽明海運討論後，陽明海運公司副總經理承諾願意大力支持本系統的安裝與測試，於94年9月12日進行陽明海運船舶現場踏勘，於94年11月4日進行船舶系統於陽明海運航明輪之安裝作業與船員教育訓練。從今年度(94年)計畫執行上，證明此船用海氣象觀測系統可提昇國內船舶海氣象報告之頻率，降低人為觀測誤差，提供正確可靠的量測數據作數值天氣預報校驗參考，本章節將於下說明今年度的工作成果。

表3-1　船舶觀測系統量測儀器規格

項　　目	量 測 範 圍	解　析　度
風速	0~50m/s	0.1m/s
風向	Azimuth:0~360deg Elevation: -60~60deg	1deg 0.1deg
氣壓	800~1,100hPa	0.1hPa
溼度	0~100%	1.0%
氣溫	-40~+60℃	0.1℃
電羅經	0~360deg	±1.5deg

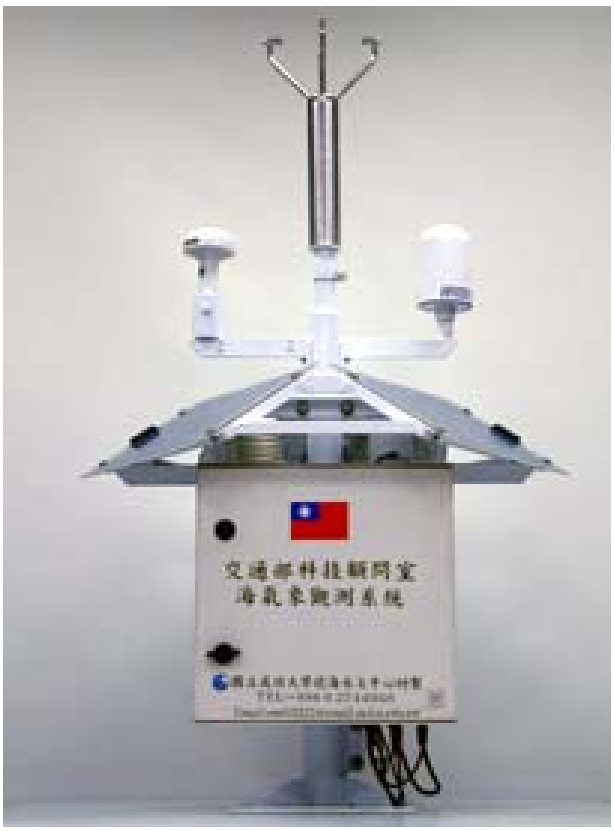


圖3-1　船舶海氣象自動觀測系統原型

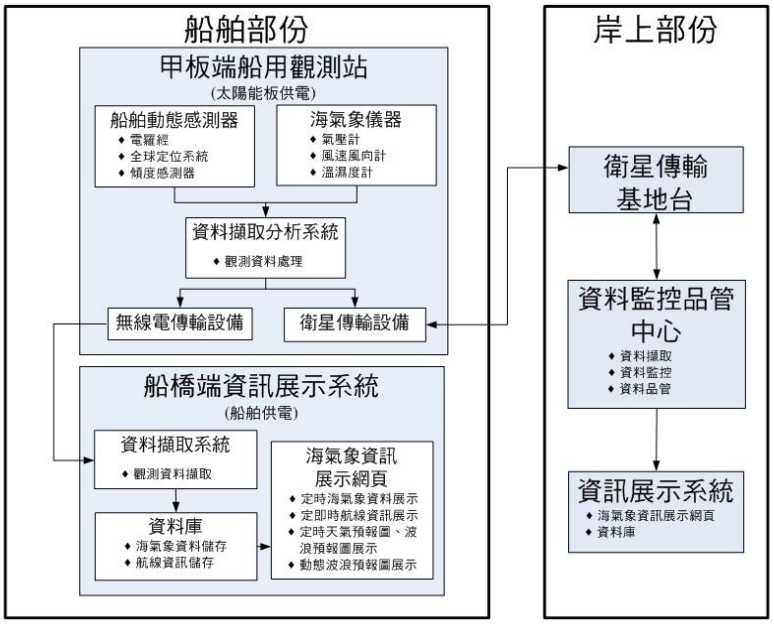


圖3-2　船舶海氣象自動觀測系統架構圖

3-1-1　第一套運作狀況

依照今年度合約規定，進行兩次維修立烈輪船舶系統之定期維護作業。於94年7月2日進行第一次維修作業，於94年10月7日進行第二次維修作業。

第一次定期維護作業，主要是進行船舶系統清潔、系統開關機測試、無線電傳輸、衛星數據機傳輸測試以及電瓶電壓測試；再確認系統時間已更新後，利用筆記型電腦下載最新一筆資料，再次確認風速、風向、氣壓、氣溫、GPS和船首方向等資料是否合理，即順利完成定期維護工作，相關照片如圖3-3~圖3-7所示，作業過程請參閱附件四。

第二次定期維護作業，由於電腦記憶卡已滿，本次維修著重在記憶卡更換，將原有32MB記憶卡，更換為220MB記憶卡，此記憶卡容量可儲存約13.5個月資料；更換完畢後，為確認通訊正常，於現場使用接收程式測試衛星通訊正常，順利完成定期維護工作。建議未來船舶系統的儲存資料設備可改為220MB記憶卡，可連續儲存一年以上資料，以避免儲存空間不足的窘境，相關照片如圖3-1-8~圖3-10所示，作業過程請參閱附件四。

圖3-3　電腦連線測試

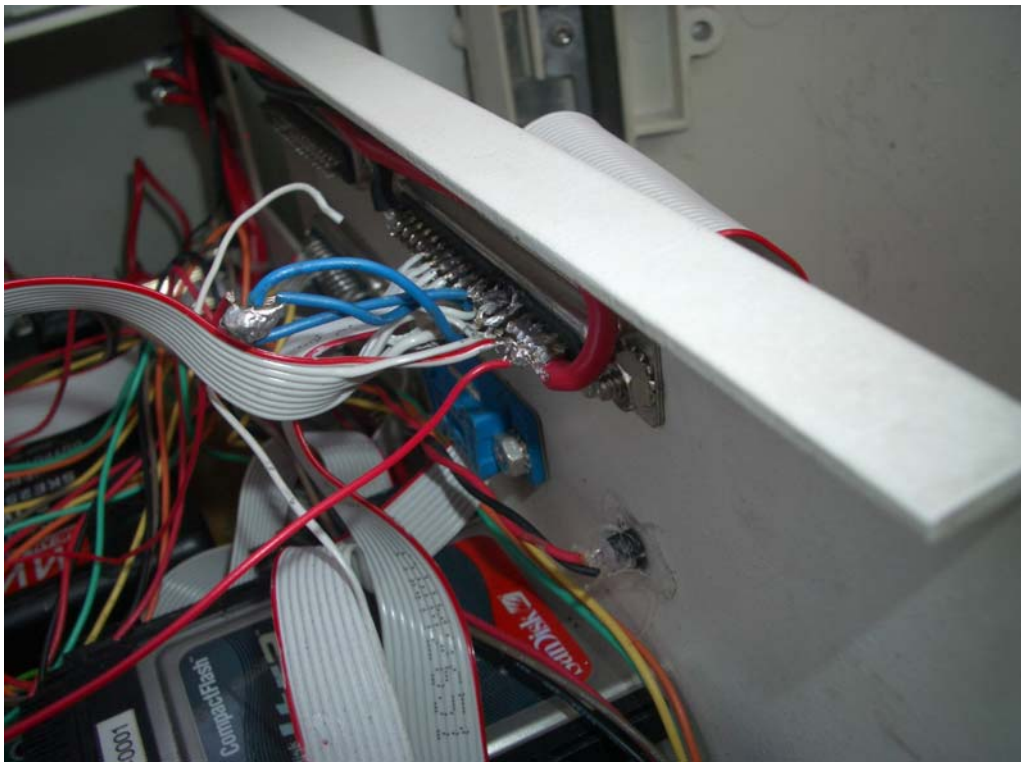


圖3-4　線路接點檢查

圖3-5　連線檢查衛星數據機傳輸

圖3-6　氣壓計和氣溫計檢查

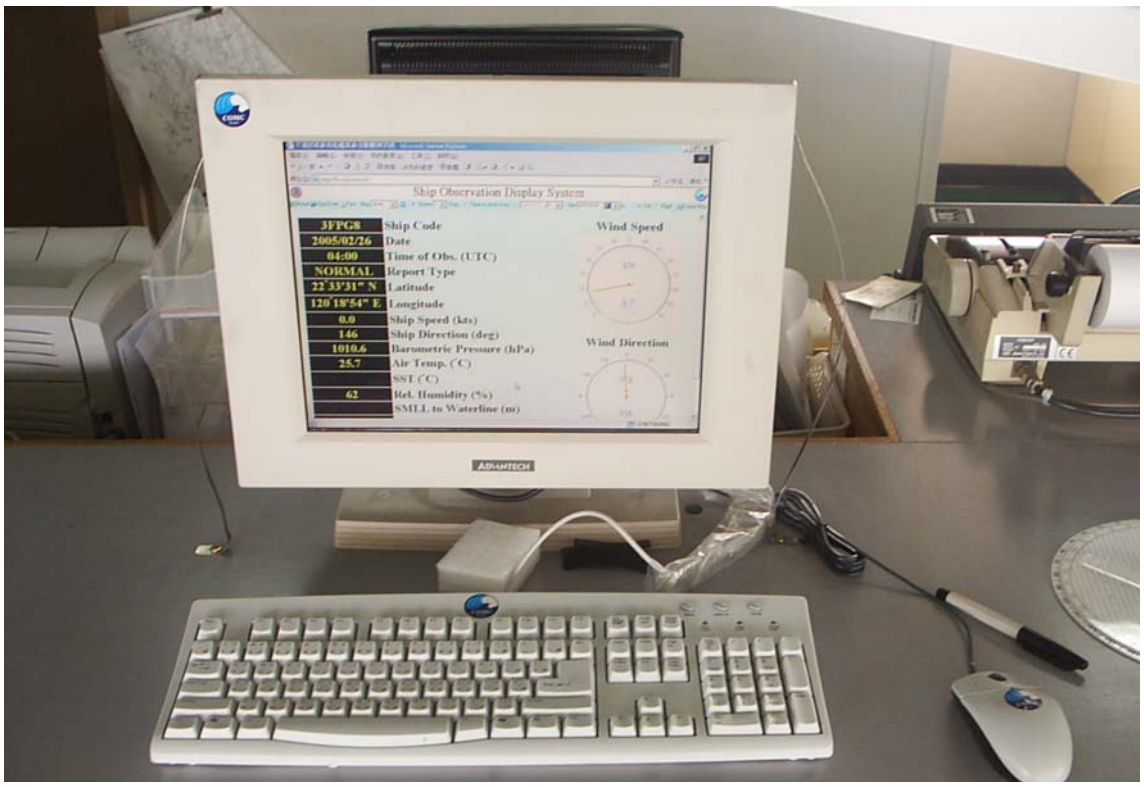


圖3-7　船橋展示系統外觀檢查

圖3-8　更換記憶卡直接連線進行系統設定

圖3-9　更換記憶卡後進行測試

圖3-10　資料擷取系統重開機測試

3-1-2　第二套安裝情形

為避免系統安裝位置不當，造成船員工作的不便利，本計畫在陽明海運協助下進行船舶現地踏勘。陽明海運目前共有四艘貨輪航行於東北亞、東南亞間，此四艘貨輪的船型與噸位皆相同，本計畫於94年9月12日至陽明海運冠明輪進行現地踏勘，相關踏勘照片如圖3-11-~圖3-15所示。為配合船舶靠港日期，本計畫選訂陽明海運航明輪(YM CONTAINER)，航明輪停泊港口包括東京、橫濱、名古屋、神戶、大阪、大分、基隆、台中、高雄、香港、拉加班、曼谷、拉加班、香港、高雄、台中、基隆，來回一趟共需28天左右。

本計畫於94年11月4日至陽明海運航明輪安裝系統作業與進行船員教育訓練，安裝過程照片如圖3-16-~圖3-23所示。目前，航明輪之觀測資料已定時進入岸上資料品管監控中心如圖3-24所示，亦已進入氣象局預報作業中，教育訓練如圖3-25所示。

圖3-11　安裝船舶系統選擇位址之一

圖3-12　安裝船舶系統選擇位址之二

圖3-13　協商合適之安裝位址

圖3-14　量測安裝位置是否影響船用衛星通訊儀器

圖3-15　討論船橋端展示電腦安裝位置

圖3-16　選定船舶系統安裝位置

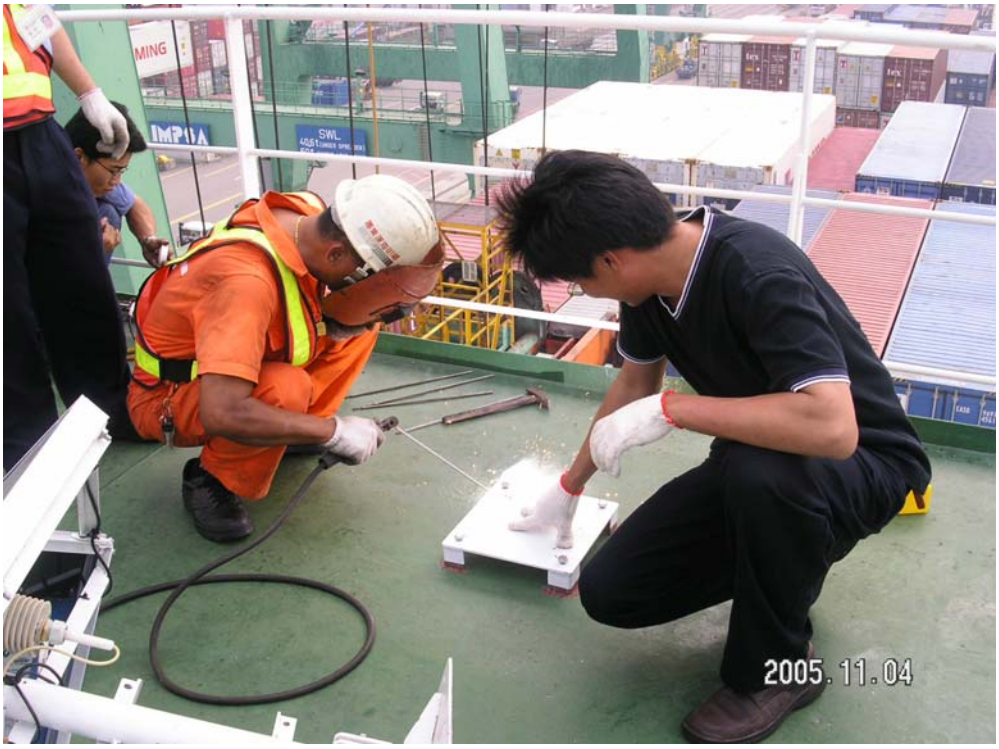


圖3-17　焊接船舶系統底座

圖3-18　固定船舶系統支架於底座上

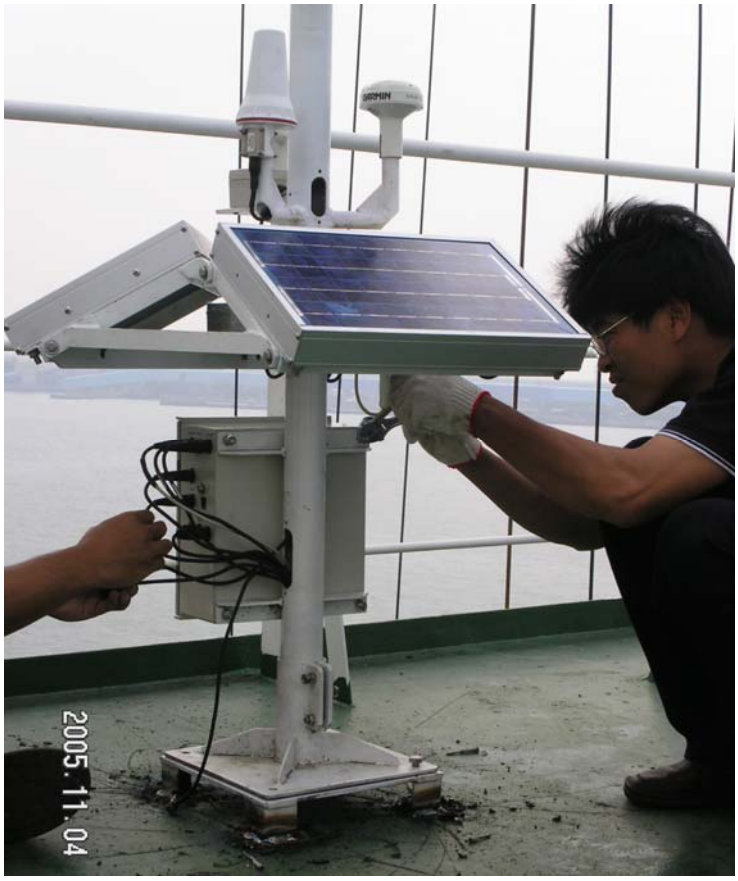


圖3-19　固定控制箱與處理儀器線路

圖3-20　船用系統架設完成圖

圖3-21　安裝船橋端展示電腦

圖3-22　安裝船橋端展示系統所需之無線電儀器

圖3-23　船橋端展示電腦架設完成圖

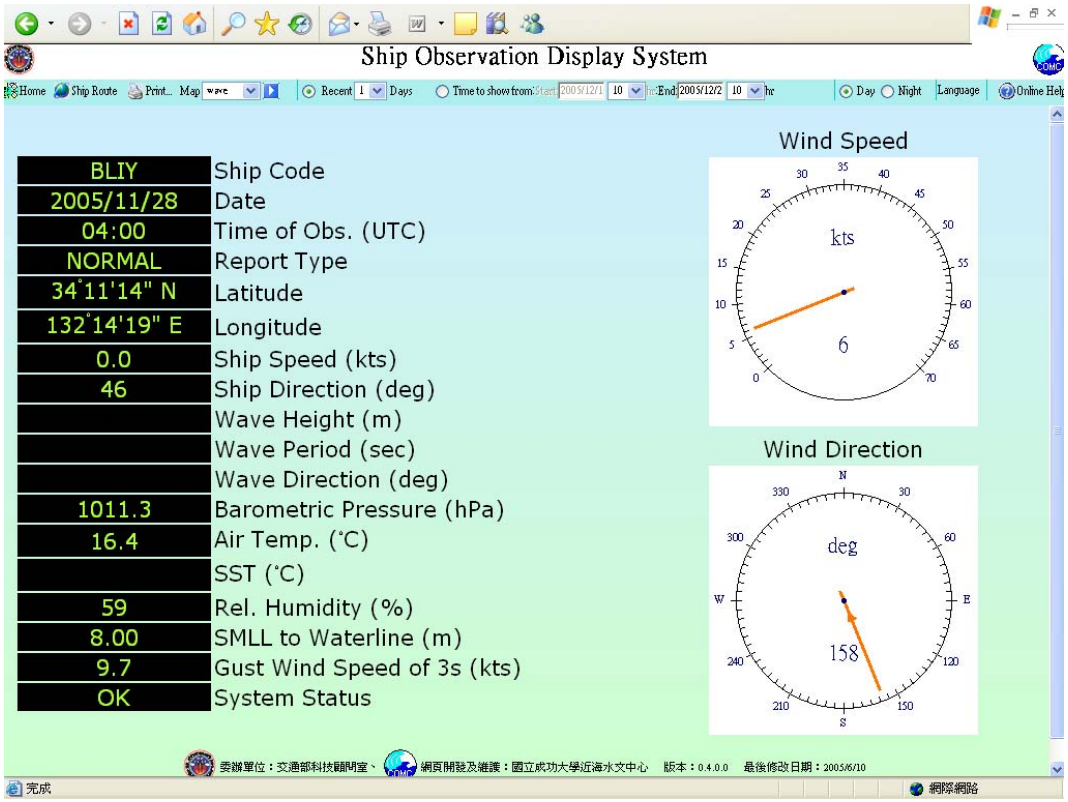


圖3-24　航明輪海氣象觀測資料已匯入氣象局預報作業中

圖3-25　航明輪海氣象展示系統教育訓練

3-2　資料分析結果

本計畫將工作合約期間內之船舶觀測資料會製成時序列圖，繪製立烈輪94年4月~11月觀測資料、航明輪(94年11月)觀測資料(因航明輪於94年11月4日開始觀測，僅有近一個月的資料)，繪製時序列圖的觀測因子包括：陣風、平均風速、風向、大氣壓力與溼度等六項因子，相關時序列圖請參閱附件五內容，其中資料空白處為未通過品管標準或因通訊不良而無資料，觀測成功率達88%。

從觀測資料時序列圖中可看到，在大洋上的海氣象因子有週期性的變化，其中氣溫與相對濕度之有明顯之日周期變化，其日夜變化最大可差10℃及50％。又因立烈輪為往返於台灣日本間之14天航線，在今年(94年)颱風侵台期間，其所量測到的氣壓與風速值亦隨著颱風的移動有顯著的變化，立烈輪所觀測到之颱風極值如表3-2所示。另一方面，立烈與航明輪兩艘船舶皆停留在日本港口，但因航明輪觀測資料未滿一個月，建議未來可將兩艘船舶觀測資料進行比對與分析。

據此，從今年度船舶觀測資料的品質來看，證明此船用海氣象觀測系統可提昇國內船舶海氣象報告之頻率，降低人為觀測誤差，提供正確可靠的量測數據作數值天氣預報校驗參考。

表3-2　94年立烈輪於侵台颱風期間之海氣象觀測資料

次序	颱風名稱	警報時間	最低氣壓(hpa)	最大陣風風速(kts)	最大平均風速(kts)
1	海棠	07/16～07/20	993.4	38.3	37.3
2	馬莎	08/03～08/06	995.3	38.1	35.8
3	珊瑚	08/11～08/13	993.6	57.5	38.9
4	泰利	08/30～09/01	992.7	44.3	38.6
5	卡努	09/09～09/11	999.7	28.9	23.1
6	丹瑞	09/21～09/23	999.7	23.9	23.9
7	龍王	09/30～10/03	1007.7	27	24.1

3-3 船舶觀測數據品管規範修訂

為推動作業化的國輪船舶觀測艦隊，一方面必須確保觀測系統正常運作，一方面必須確保觀測資料的正確性與一致性，資料需經過監控品管作業的檢測與處理，才能做為預報校驗作業的依據。

船舶海氣象觀測系統資料監控品管項目包含氣溫、氣壓、風速、風向以及船舶動態觀測資料；船舶資訊包括航速、航向、船艏方位、位置經緯度及傾度等，所有量測到的資料都必須經過品管檢驗。由於資料品管與整個資料處理流程的每一步驟息息相關，在這些觀測項目中，氣壓、氣溫與溼度數據係由感測計讀值直接紀錄，但風觀測受船舶側傾搖擺、船速、船向與結構物體影響甚鉅，對地風速風向值為風速風向觀測值及航速航向向量總和，航速航向觀測值之正確性影響了對地風速觀測值的正確性，各觀測項目的檢驗順序為(1)GPS與電羅經、(2)風速風向、(3)其他觀測項目。

本計畫依據交通部科技顧問室「兩岸海運即時航行安全資訊之建立」計畫於船舶海氣象資料之合理性、連續性與關聯性品管作業建議修訂船舶數據的品管規範；本計畫取用立烈輪今年度(94年)4月至11月觀測數據，觀測系統每兩小時定時觀測氣溫、氣壓、風速等資料，每日計有12筆數據，本品管標準所採用之有效樣本約為2,550筆。

合理性品管是最基本的資料品質檢驗，合理性的檢驗分為兩類，一是「儀器限制」，指海氣象觀測數據不應超過量測儀器的測量範圍；另一則是「物理限制」，指觀測量不應超過量測地點的海氣象臨界條件。所有的合理性品管均先施用在原始時序列數據(Raw data)中，再應用於統計值時序列中(Processed data)，由於立烈輪航行於台灣至日本間東北亞，本報告依據其航行環境修訂合理性品管標準，修訂結果列於表3-3。

連續性品管的定義是由於自然現象的變化大都是漸進且連續的，各種觀測物理量在時間上及空間上都必須存在連續的變化，也就是說其時空的變化量應落在合理的範圍內，如果在時間上的改變量超過某一限度，或是在空間上相鄰測點的資料無法以物理觀點解釋，都可視為可疑資料。

時間連續性品管分析是計算資料的t=2小時差值$\triangle_2$(觀測系統每兩小時擷取一筆數據)，若有N個分析數據，則將會有N-1個$\triangle_2$，將上述差值樣本經分組排序後，計算各組樣本所對應的發生機率，然後以統計理論之密合度試驗(goodness-of-fit)決定樣本資料最適合之機率分佈函數。自動船舶海氣象觀測各觀測項目之數據資料，由統計分析得知其不同時間差值，以指數分佈表示，以指數分佈函數推求某信賴水準機率所對應的差值範圍之方法簡介如下：

機率密度函數(PDF) $f(x)=\lambda\cdot e^{-\lambda x},\ x\geq 0,\ \lambda>0$ (1)

累積機率密度函數(CDF) $F(X)=prob(X\leq x)=1-e^{-\lambda x}$ (2)

其中參數 $\lambda=1/\bar{x}$ (3)

若所要求的信賴水準機率為90%，即表示指數分佈函數之累積機率為0.9；

令 $F(X)=0.9$ (4)

$$1-e^{-\lambda x}=0.9 \quad (5)$$

$$e^{-\lambda x}=0.1 \quad (6)$$

$$x_{90}=-\frac{ln(0.1)}{\lambda} \quad (7)$$

同理

$$x_{95}=-\frac{ln(0.05)}{\lambda} \quad (8)$$

$$x_{99}=-\frac{ln(0.01)}{\lambda} \quad (9)$$

即可得某信賴水準機率(90%、95%、99%)所對應的差值樣本x_{90}、x_{95}與x_{99}，該值即代表在各信賴區間下，某項資料在*t=2*小時延時所能容忍的最

大變動範圍，也就是所求的連續性檢定標準。同理，依照上述的作法，即可求出4小時至12小時的檢定標準($\Delta_4,\Delta_6,.....,\Delta_{12}$)。

各船舶觀測氣象資料在不同信賴區間(90%、95%、99%)下，稽延2至12小時連續性品管標準如表3-4所示，與氣象局所訂定資料浮標連續性檢定標準比較可知，船舶觀測項目氣壓與氣溫的可容許變動量與資料浮標容許變動量一致，但船舶對地風速之變動量較資料浮標風速為大，此因船舶對地風速是由風速風向觀測值及航速航向向量計算得到，對地風速受航速航向資料影響很大，所以船舶對地風速變動量隱含著船舶側傾搖擺、船速、船向與結構物體等之影響。

從表3-4所示數據亦可知，稽延時間愈長，容許之變動範圍愈大。在信賴區間為90%時，容許變動範圍較小，表示以此標準訂定品管規範較嚴格；而在信賴區間為99%時，容許變動範圍較大，表示標準較寬鬆；建議採用較適中之95%信賴區間作為連續性品管標準。

表3-3　合理性品管標準

	觀測項目	合理性品管標準
氣象資料	風　　速	0 kts ~ 60 kts
	風　　向	0 度 ~ 360 度
	濕　　度	0 % ~ 100 %
	氣　　溫	-10 ^{o}C ~ 45 ^{o}C (依據船舶預定航線規劃)
	氣　　壓	990 hpa ~ 1030 hPa
船舶動態資料	航　　速	0 kts ~ 20 kts (依據船型之最高航速決定)
	航　　向	0 度 ~ 360 度
	位置經緯度	E100 度 ~ 140 度、N5 度 ~ 45 度 (依據船舶預定航線規劃)
	船首方位	0 度 ~ 360 度

表3-4　連續性品管標準

	lag time	氣壓	風速	氣溫	溼度
90%信賴區間	2	1.7	13.19	2.8	12.5
	4	2.8	16.88	4.4	19.5
	6	3.5	19.21	5.7	25.1
	8	3.8	21.15	6.6	29.4
	10	4.0	22.50	7.1	31.9
	12	4.2	23.47	7.3	32.7
95%信賴區間	2	2.2	17.07	3.6	16.3
	4	3.6	21.92	5.8	25.4
	6	4.6	25.03	7.4	32.6
	8	5.0	27.55	8.6	38.3
	10	5.2	29.29	9.3	41.5
	12	5.5	30.65	9.5	42.5
99%信賴區間	2	3.3	26.19	5.5	25.1
	4	5.6	33.56	8.9	39.1
	6	7.0	38.41	11.4	50.2
	8	7.6	42.29	13.3	58.9
	10	8.0	45.01	14.3	63.7
	12	8.5	46.95	14.6	65.4

註：氣壓單位為hPa，風速單位為 *kts*，溫度單位為^{o}C，溼度單位為%，延時單位為小時。

第四章　結論及明年工作重點

本計畫今年度工作項目執行迄今所獲致之具體成果依外海浮標建置準備與船舶海氣象觀測先期試辦兩方面分述如下：

在外海浮標建站前置準備方面，工作項目分為三階段：佈放環境調查、浮標系統設計改進及施工與系統測試。

在佈放環境調查方面，本計畫今年度首先依據近十年侵台颱風路徑進行佈放位置選擇，求得侵台颱風路徑發生最頻繁處做為佈放地點，佈放地點位於加瓜海脊西側，隨後人員隨水產試驗所水試一號研究船航次出海10日進行佈放海域環境調查，調查項目包括佈放海域流場及水深地形；另一方面，本計畫依據模擬之颱風最大波高進行統計分析，進行設計波高之推算。獲得設計之波高、流速及地形水深資料：佈放海域水深約4880公尺；最大流速約在200公尺深其流速為0.22m/s；波浪調查利用NWWIII波浪模式計算，推求重現期5年最大波高為20.2m與重現期10年最大波高為22.3m。這些資料是進行外海浮標錨鍊系統與浮標殼體之防撞護舷與結構安全改進工程設計依據。

在浮標系統設計改進方面，本計畫今年度第一增加遠洋通訊功能：本計畫評估、選擇國內市場可以獲得之衛星通訊設備，據此採購NAL銥衛星通訊設備並與資料浮標系統系統進行整合、於岸上進行通訊測試；第二為增加存活機率，本計畫進一步整合最新技術、額外研發一套在電源、通訊及資料流程上完全獨立於現有系統的GPS位置定位發報裝置，此系統通訊採用Globalstar衛星系統。第三、本計畫參考NDBC 5000公尺深水浮標錨錠系統設計，應用加拿大維多利亞大學發展的套裝軟體MDD 1.1 (Mooring Design and Dynamic)，依據調查之環境進行錨錠系統各部張力計算，探討錨錠系統之安全性，確認錨錠零件規格與組裝方式，進行採購與驗收。第四、為加強外海浮標之耐海性、本計畫改進資料浮標殼體防撞護舷材質與設計，增加540公斤預浮力，並對現有進線管結構進行安全改進工程。

為確保資料浮標於海上正常運作，在上述項目在工作完成後，已組裝

一套資料浮標進行長期測試，進行艙體氣密、感測器加速度、傾度、氣溫水溫、氣壓、溼度與風速風向、通訊、電力之檢驗與比對、測試報告經過檢驗通過出廠標準，已可隨時進行佈放，目前該資料浮標尚在持續燒機運轉中。最後，本計畫依據佈放船舶作業能力、作業空間、機動性及船員技術，研擬佈放作業方式，並設計、製造協助佈放之搭配基座與設備。

在船舶海氣象觀測先期試辦方面，本計畫今年度完成工作有：兩套船舶系統安裝，操作、三次船上維護工作以及船員教育訓練等。所獲致之成果有：

一、建立兩艘觀測船舶之船隊，一艘為長榮海運航行於高雄、香港、蛇口至日本東北亞航線之立烈輪(一萬四千噸，1150TUE)，另一艘為陽明海運東北亞及泰國東南亞航線之航明輪(一萬四千噸，1150TUE)，兩船以高雄及香港為會合地點，廣泛收集沿途海氣象資訊。

二、迄今已收集超過3400筆即時船舶海氣象報告，回報予中央氣象局，相較於2002年的6筆，有大幅進展。

三、成功觀測2005年7月至10月七個侵台颱風特性，9月份編號16號偉森特颱風侵日時觀測得最低氣壓978百帕。

四、所觀測之海氣象現象亦於時間及空間呈現上連續變化，在外海氣溫、溼度、氣壓與風速風向具有日週期性之變動，此部份為連續性品管規則制定之依據。

五、依據觀測結果，應用統計分析初步建立品管中合理性及連續性的標準。

本計畫建置之船舶海氣象觀測系統迄今仍在持續執行觀測中。

明年工作重點為：

一、外海資料浮標站建置(II)：海上佈放作業

（1）外海資料浮標站海上佈放

（2）外海資料浮標站監控操作及資料分析

二、船舶海氣象觀測試辦(II)：系統於船隊安裝、營運及操作

為確保本計畫之自願觀測船隊推展，並作業化地執行，後勤支援系統之建立為不可或缺的一環。自動化船舶海氣象觀測船隊計畫的後勤系統包含技術支援、儀器檢驗以及行政支援之研擬。本工作項目包括：

（1）安裝船舶海氣象觀測系統壹套測試及安裝，與上年度執行觀測之二艘共三艘船舶觀測船隊之操作及維護

（2）船舶觀測資料檢核

（3）船舶觀測行政支援及儀器檢驗流程研擬

（4）辦理船員教育訓練及航商座談會

（5）研擬國內船舶海氣象觀測營運策略

第五章　參考文獻

（1）黃明志、高家俊，1991，“海象監測自動化技術可行性及系統發展規劃”，成大造船系、水研所，台南。

（2）葉名山等，台灣地區海上交通安全體系之研究(一)-建立台灣地區港埠交通安全體系之研究，逢甲大學運輸工程與管理學系之研究，1993年11月。

（3）葉名山等，《台灣地區海上交通安全體系之研究(一)-建立台灣地區港埠交通安全體系之研究》，逢甲大學運輸工程與管理學系之研究，交通部運輸研究所委託，1993年11月。

（4）高家俊、莊士賢、蔡嘉蓉，1999，“海象資料庫之現況與問題”，創造台灣海岸新環境－永續海岸的呼喚研討會，pp.2-1~2-8。

（5）高家俊、莊士賢等，1999，海象資料浮標即時測報系統運用於南沙海域之評估第二年度報告，交通部科技顧問室報告009013880395。

（6）金紹興、高家俊、莊士賢，2001，“近海水文觀測及預警”, 中國土木水利工程學會學術研討會專題演講。

（7）莊士賢、高家俊等，2002，近海水文網基本站之建置-近海水文觀測站網建置，近海水文中心研究報告RAA1008，經濟部水利署委託。

（8）鄧中柱，2003，深海浮標之可行性研究，中央氣象局研究計畫期末報告。

（9）俞聿修，2002，隨機波浪及其工程應用，國立成功大學近海水文中心。

（10）邱大洪、周援衡、賈影，1991，淺水區圓柱墩群上的非線性波浪力，海洋工程。

（11）美國海岸防衛隊網站資料，http://www.uscg.mil/USCG..htm。

（12）澳洲海事安全局網站資料，http://www.amsa.gov.au/。

（13）聯合國世界氣象組織網站資料，http://www.wmo.ch/。

（14）聯合國國際海事組織網站資料，http://www.imo.org/。

（15）IMO, Compendium for Model Course(3.11)—Marine Accident and Incident Investigation, VOL.1, 1988.

（16）IMO, Compendium for Model Course(3.11)—Marine Accident and Incident Investigation, VOL.2, 1988.

（17）Kao, C.C., Laurence Z.H. Chuang and B.C. Lee, 1999, "The Logistic Requirement for Wave Field Measurement", The Second Workshop on Ocean Models for the APEC Region, Beijing, China, pp.4A-1~4A-8.

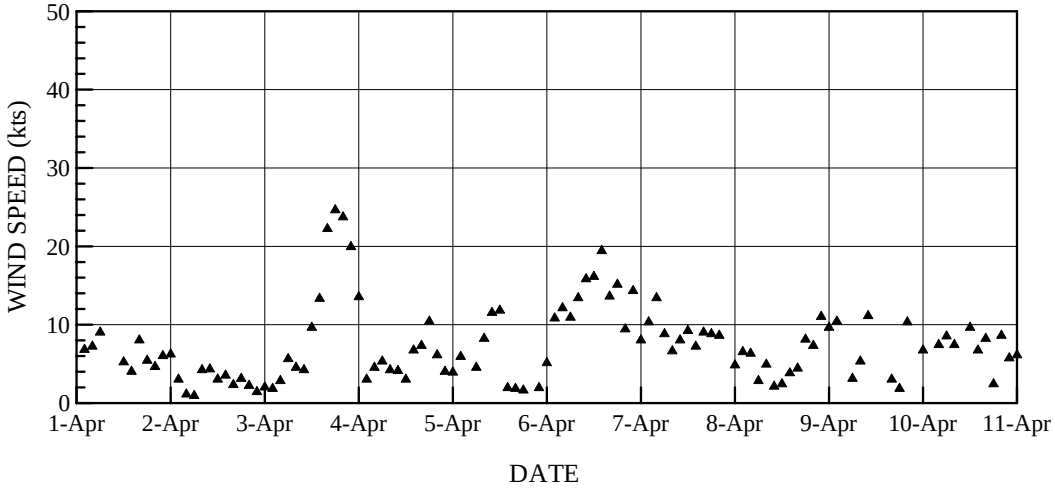
（18）Kao, C.C., Laurence Z.H. Chuang, Y.P. Lin and B.C. Lee, 1999, "An Introduction to the Operational Data Buoy System in Taiwan ", International MEDCOAST Conference on Wind and Wave Climate of the Mediterranean & the Black Sea, ISBN: 979-429-140-3, pp.33-39.

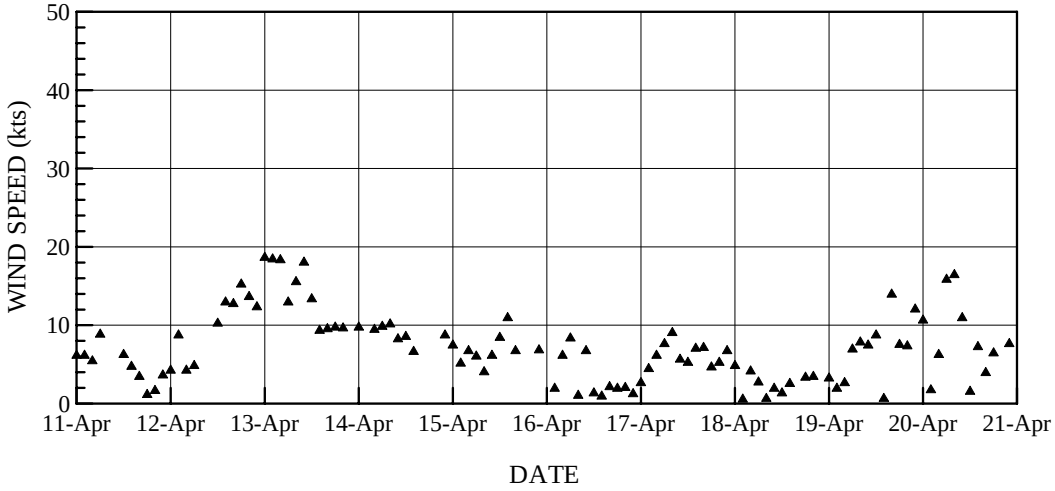
（19）National Oceanic and Atmospheric Administration, NDBC Mooring Design Manual, 1989.

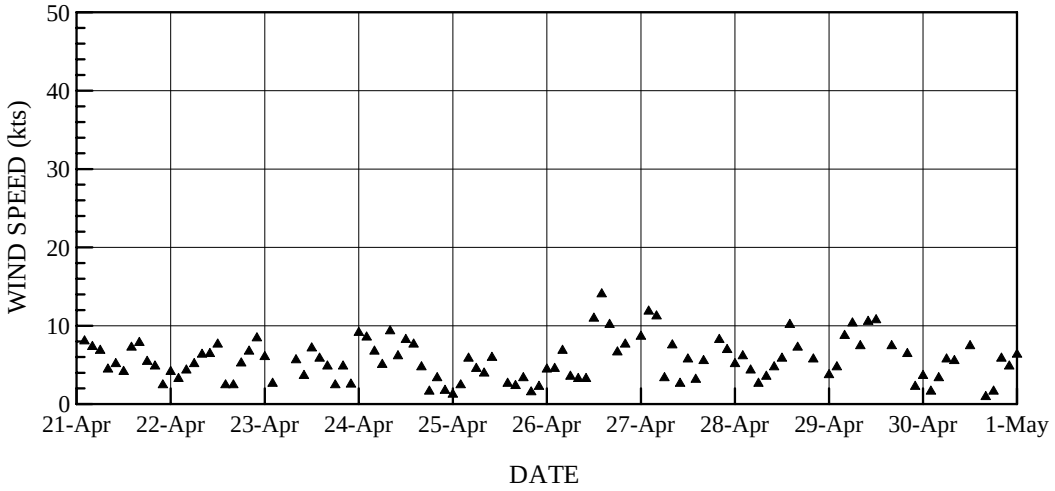
（20）Henri O. Berteaux, 1991, Coastal and Oceanic Buoy Engineering.

附件五

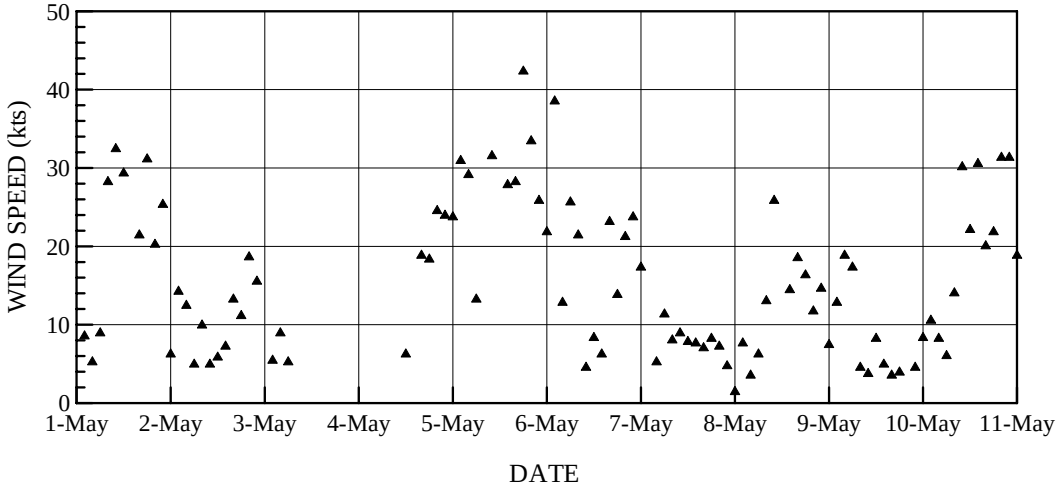
船舶海氣象時序列資料－
立烈輪 94 年 4 月~11 月海氣象觀測資料

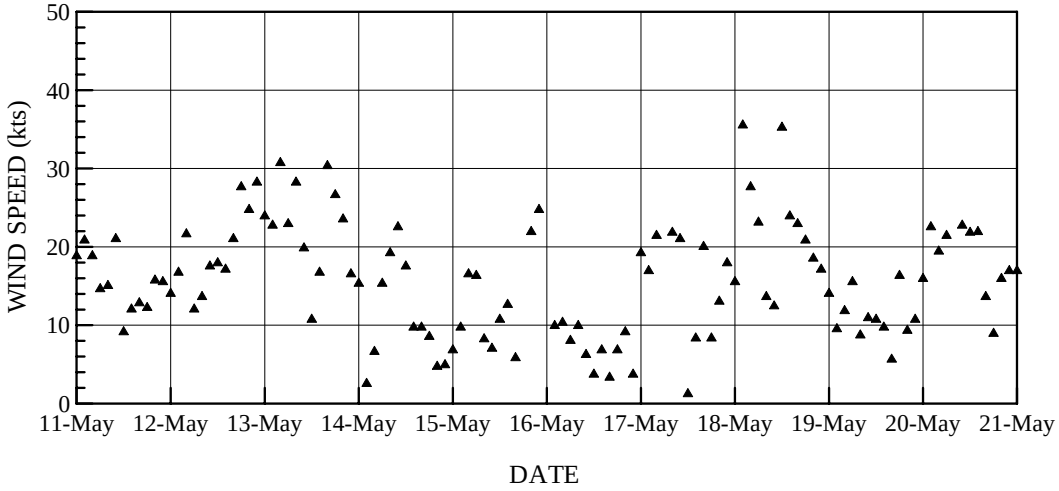


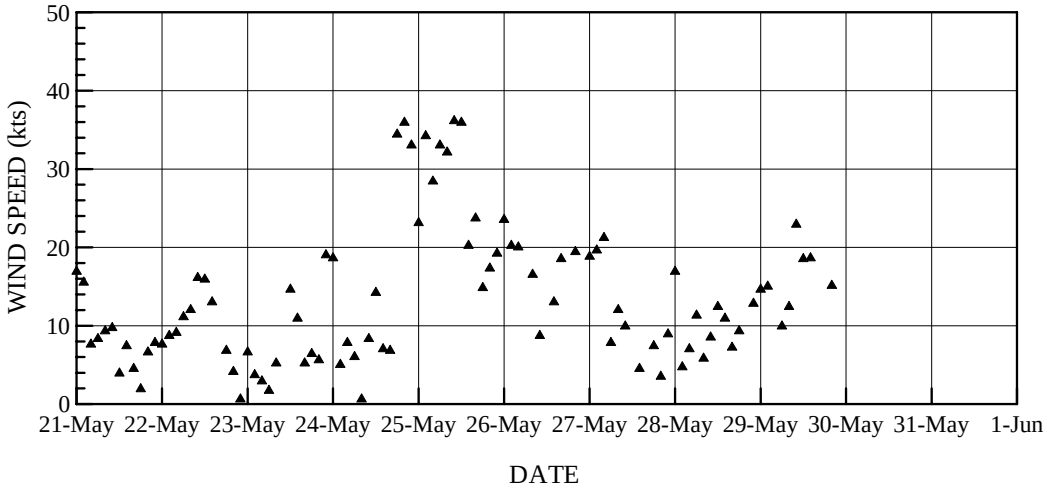




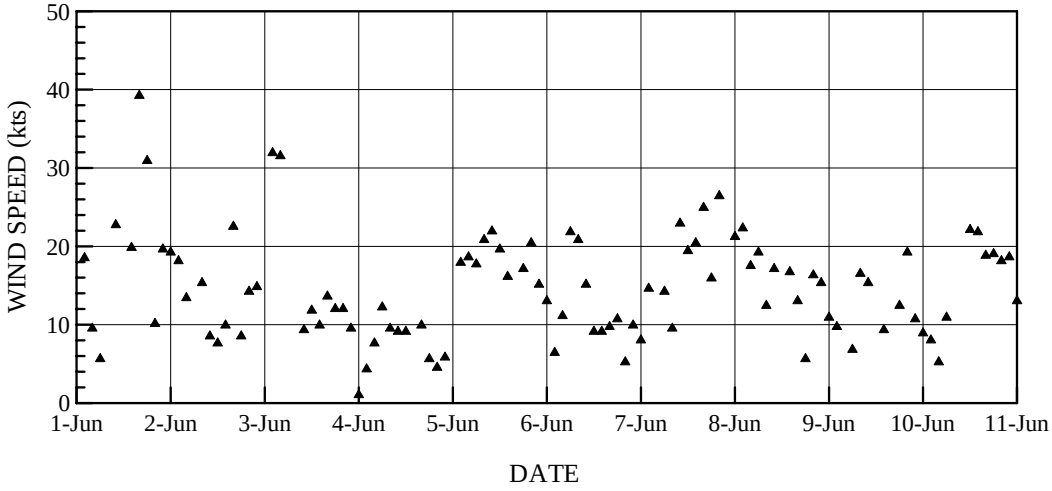
94 年 4 月陣風時序列圖

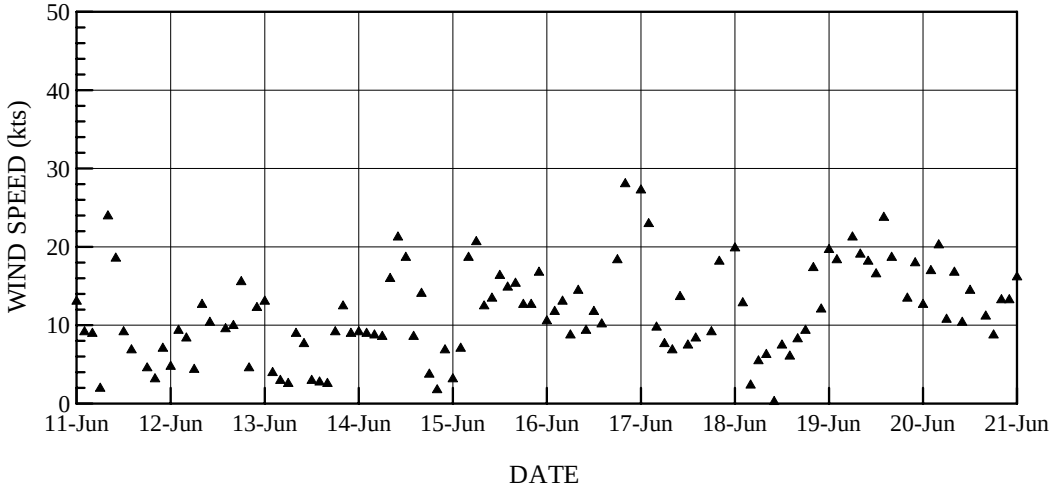


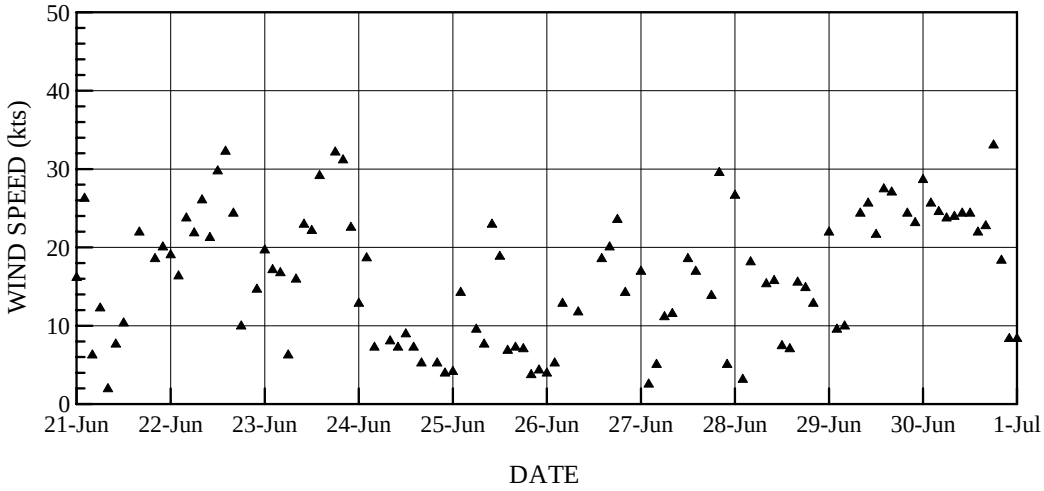




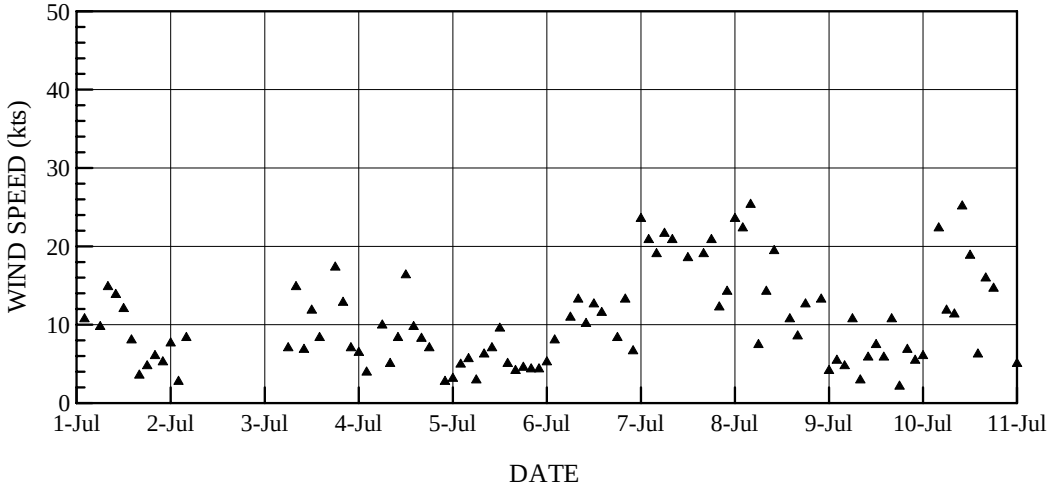
94 年 5 月陣風時序列圖

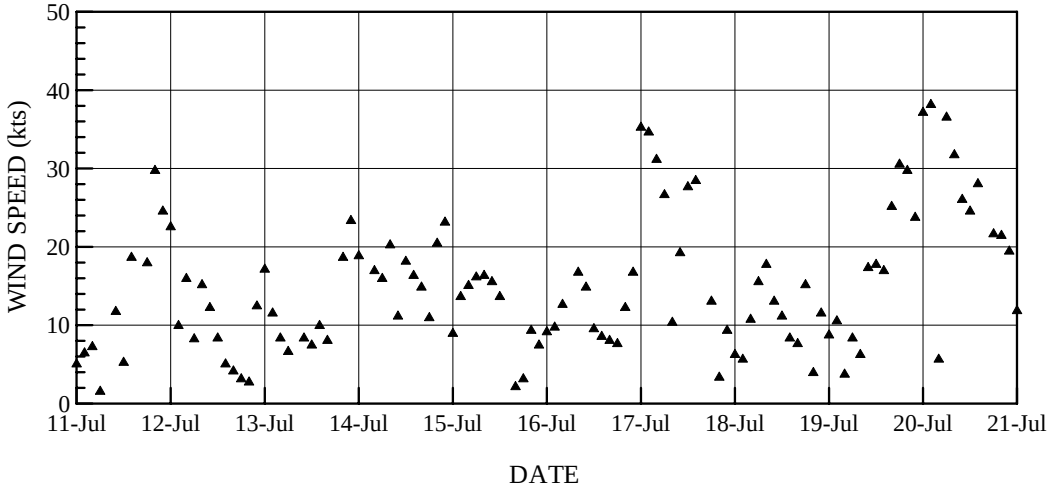


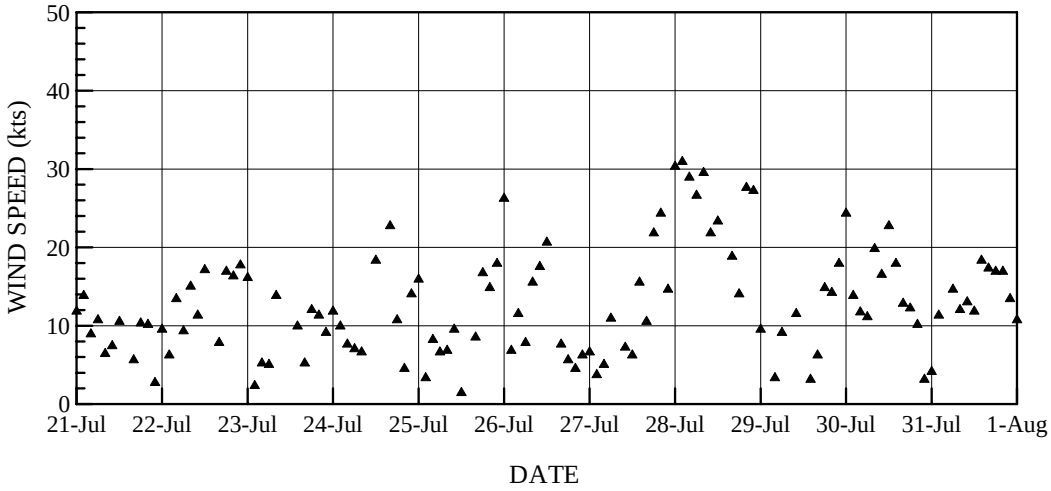




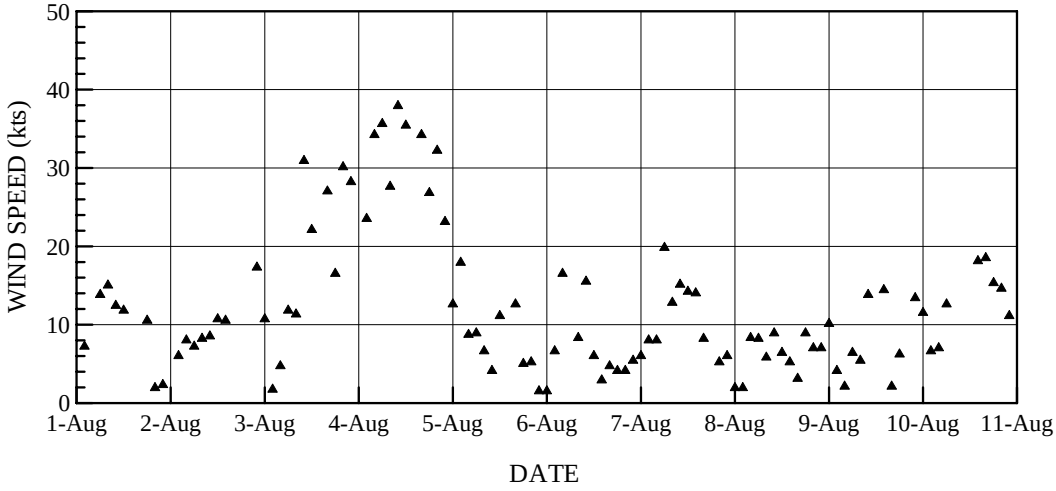
94 年 6 月陣風時序列圖

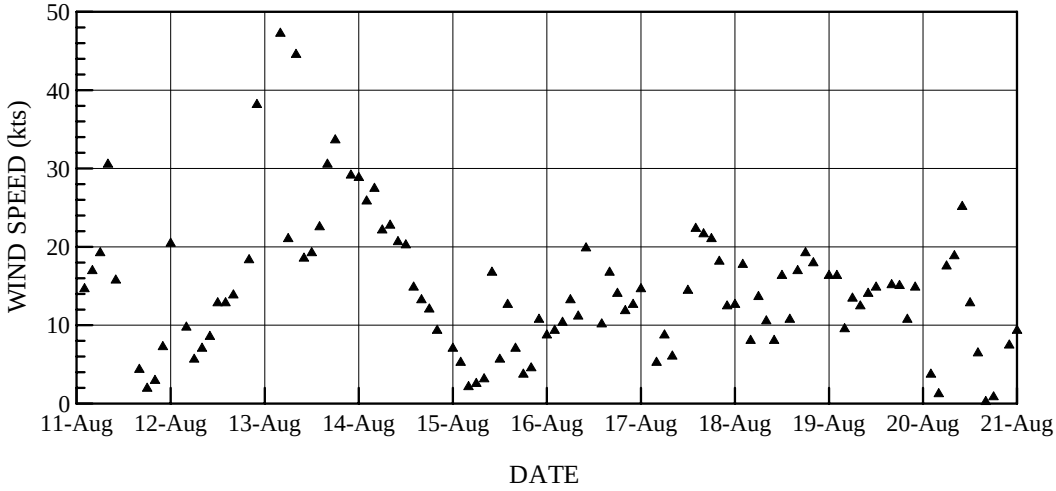


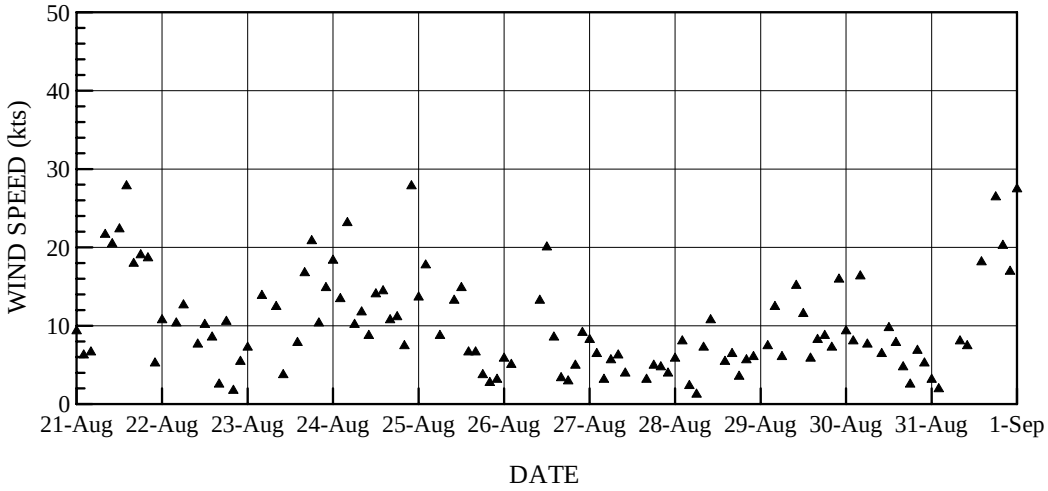




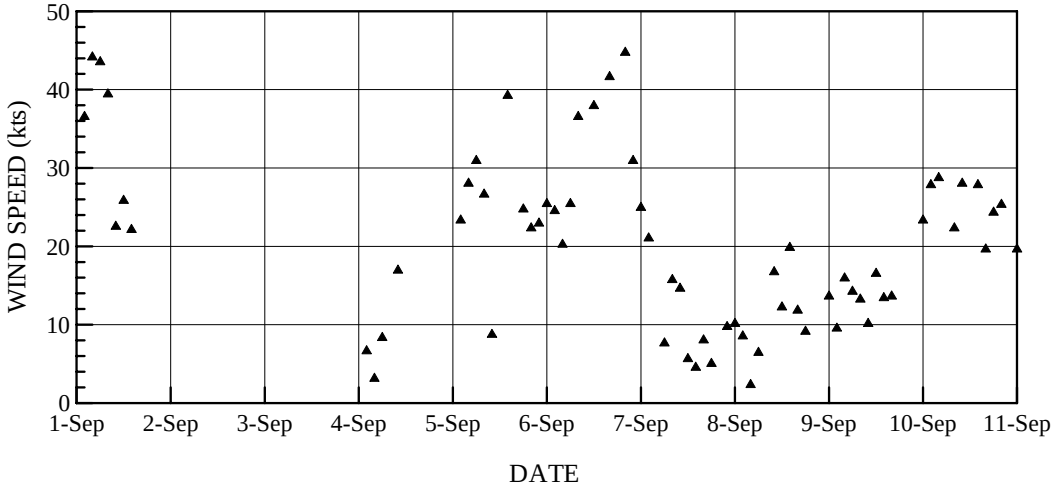
94 年 7 月陣風時序列圖

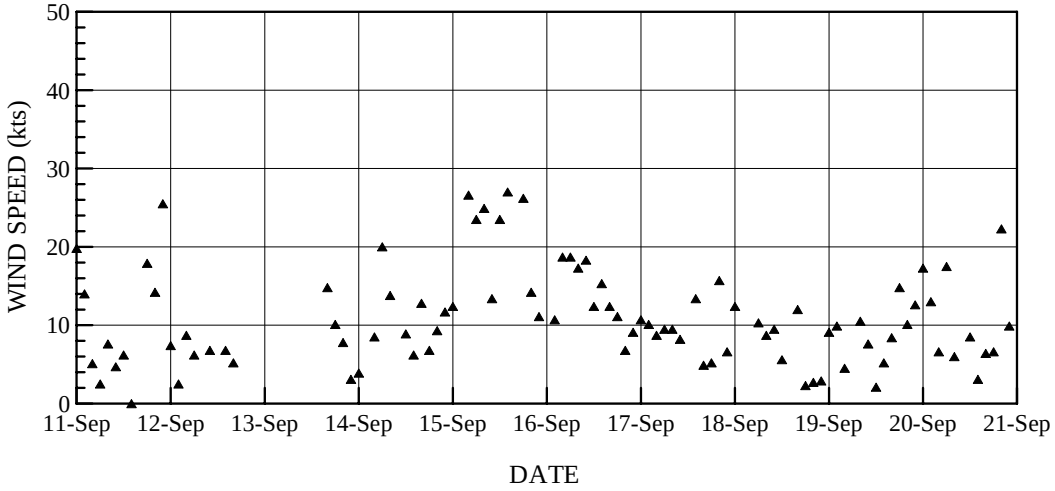


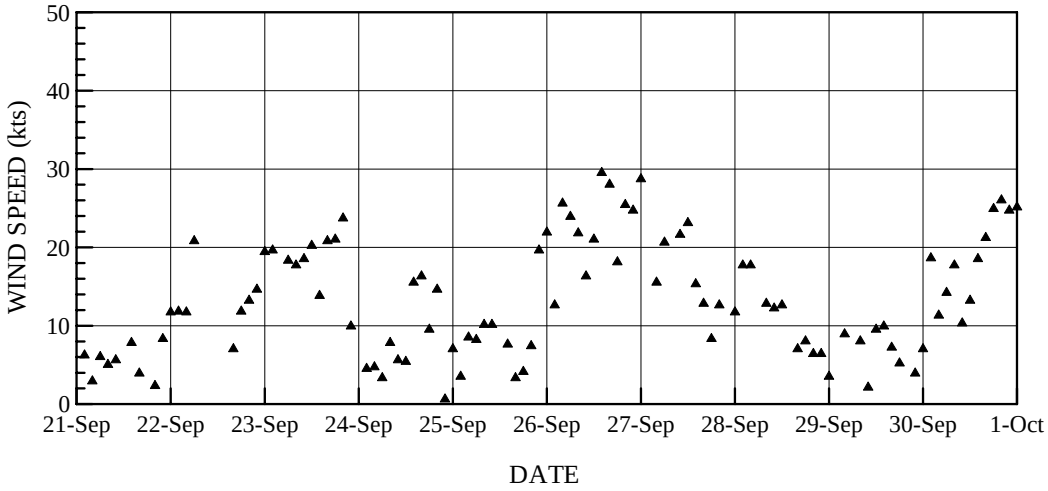




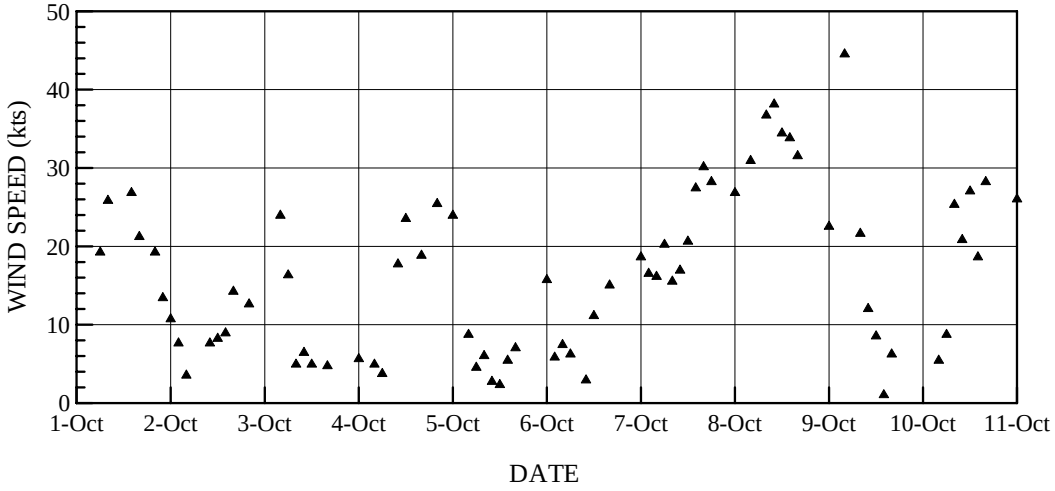
94 年 8 月陣風時序列圖

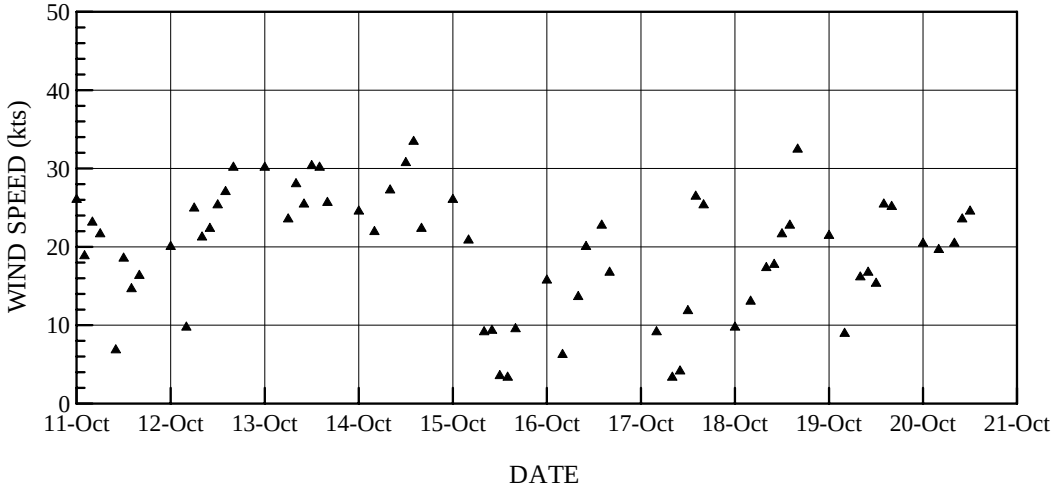


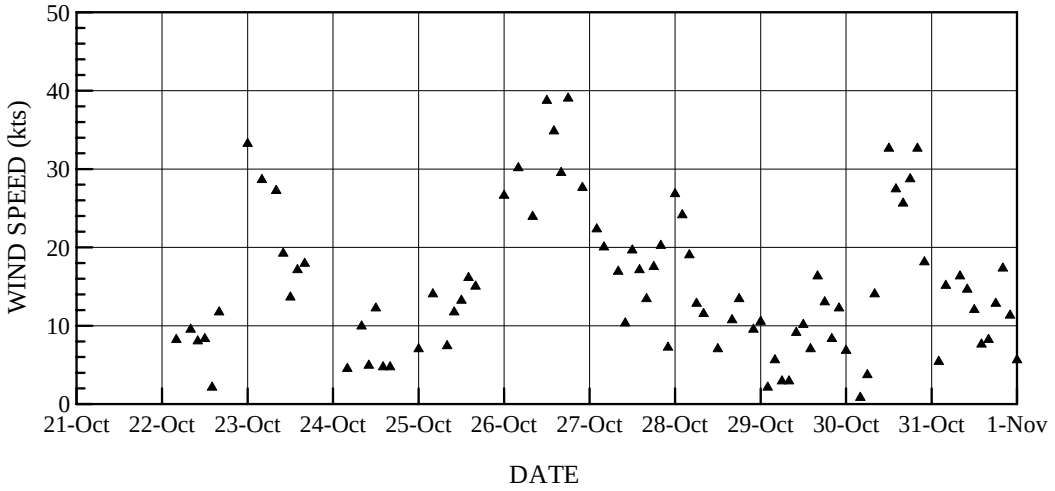




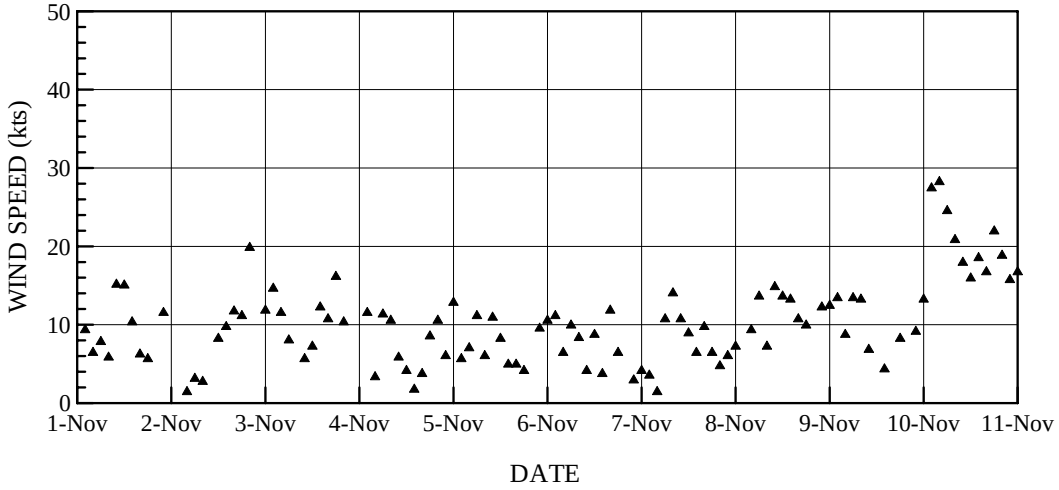
94 年 9 月陣風時序列圖

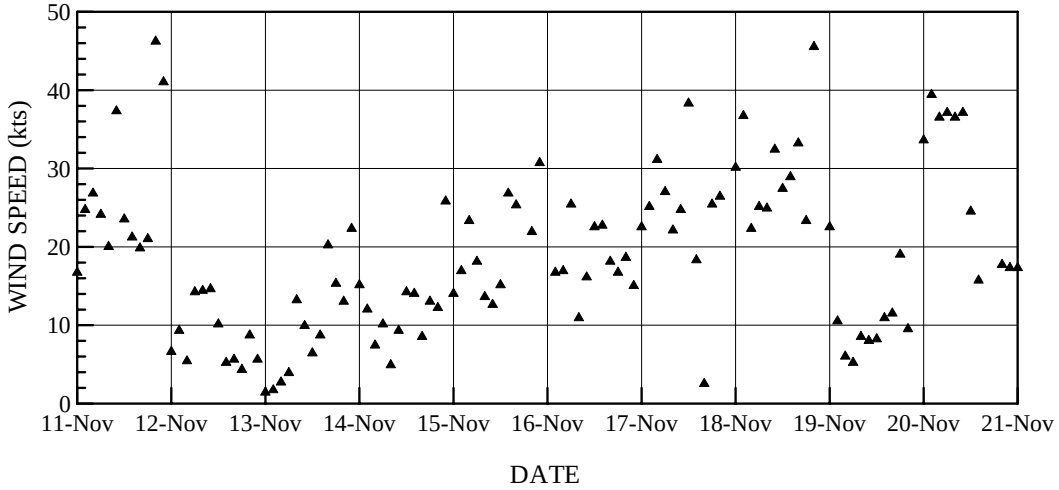


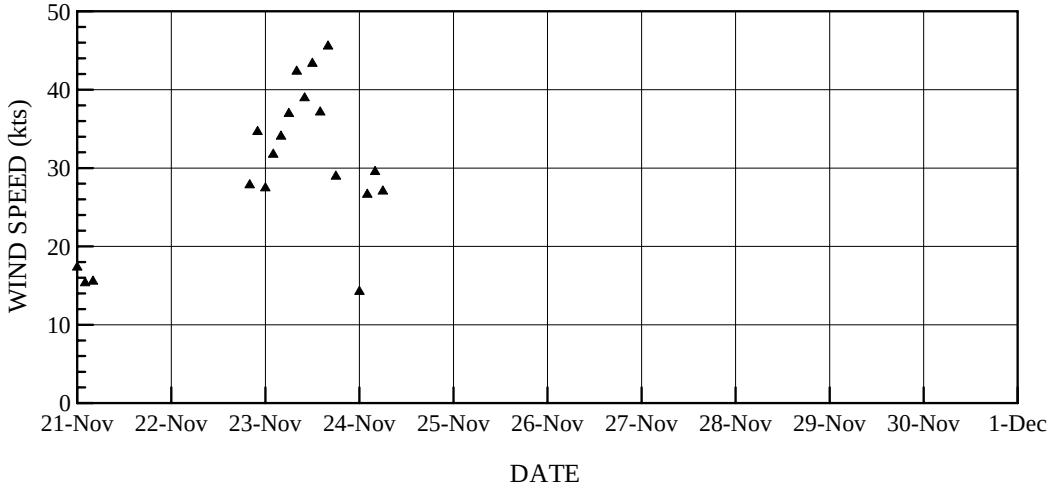




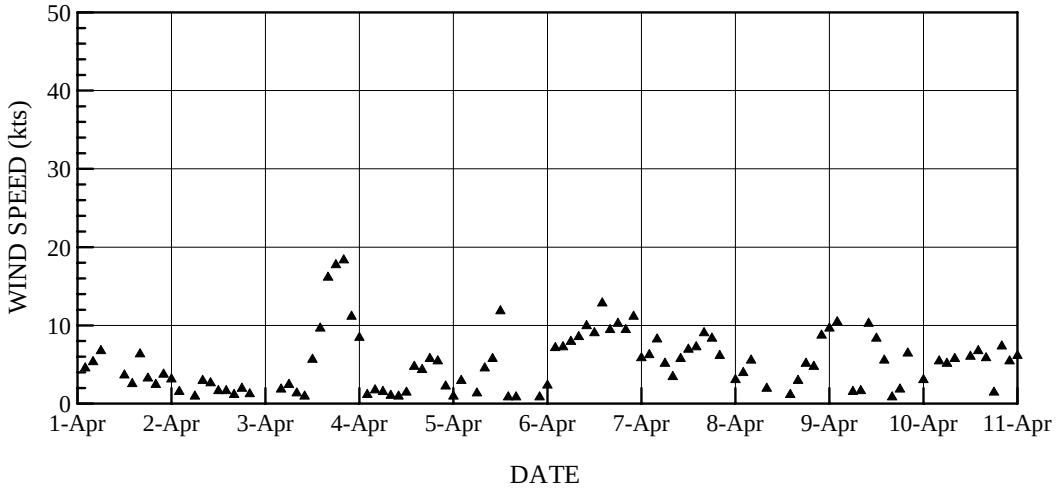
94 年 10 月陣風時序列圖

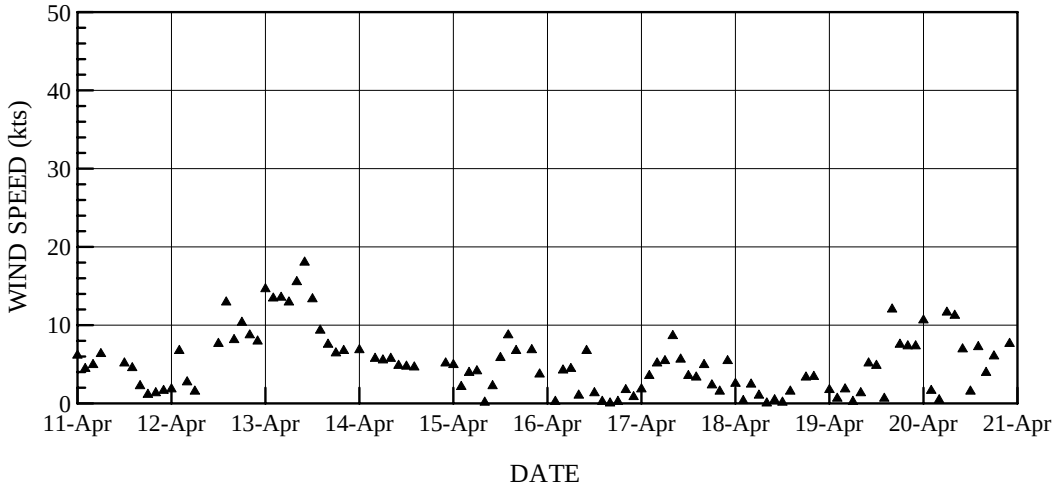


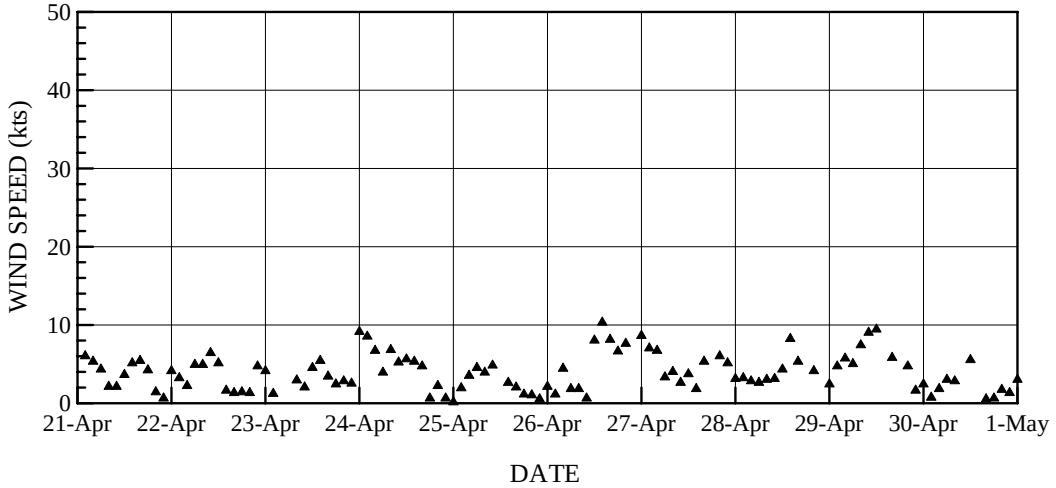




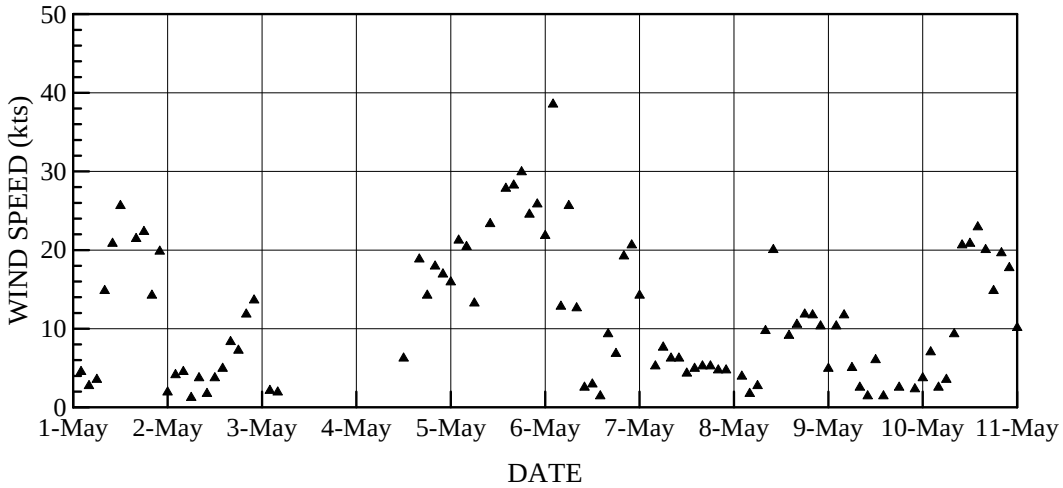
94 年 11 月陣風時序列圖

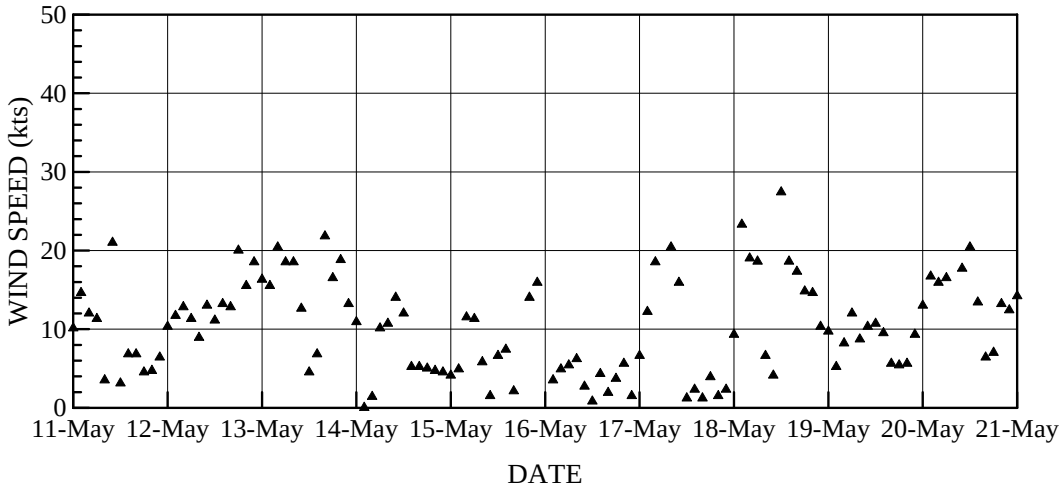


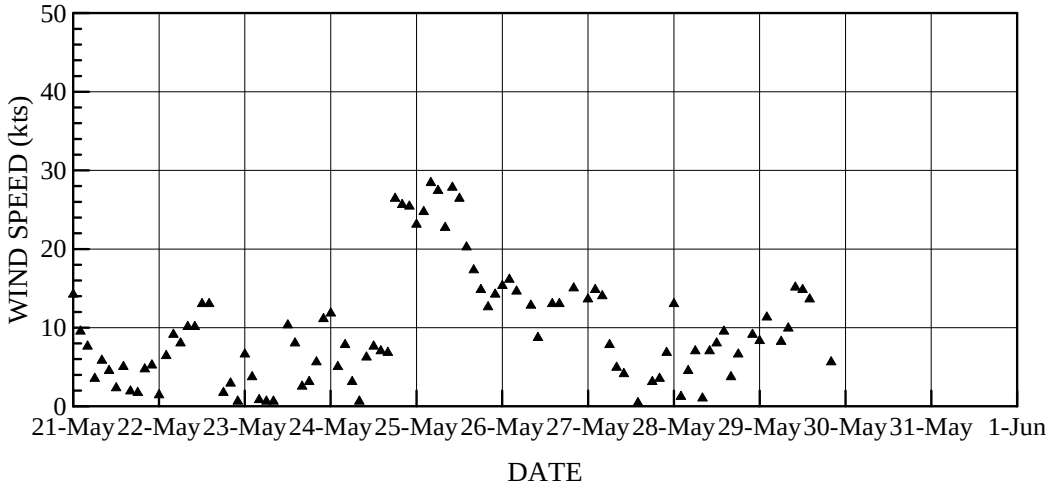




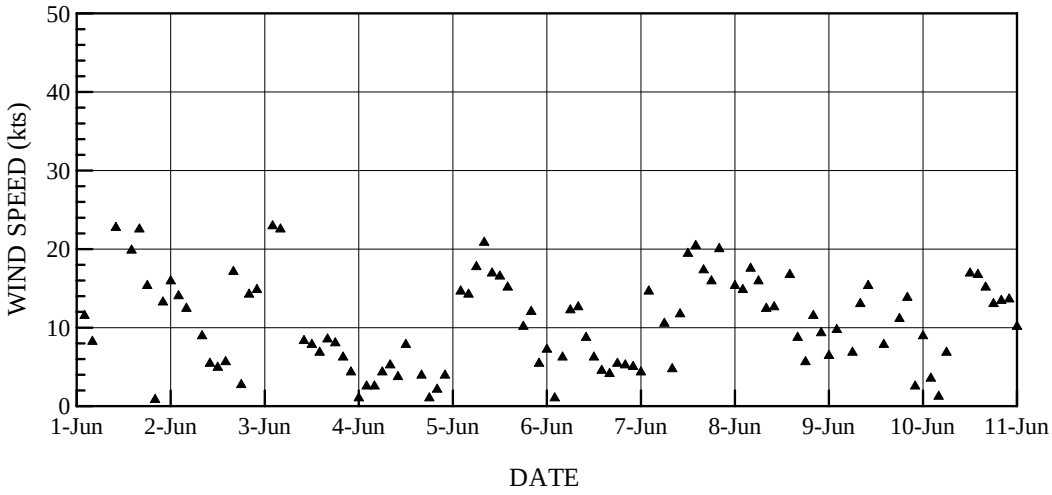
94 年 4 月平均風速時序列圖

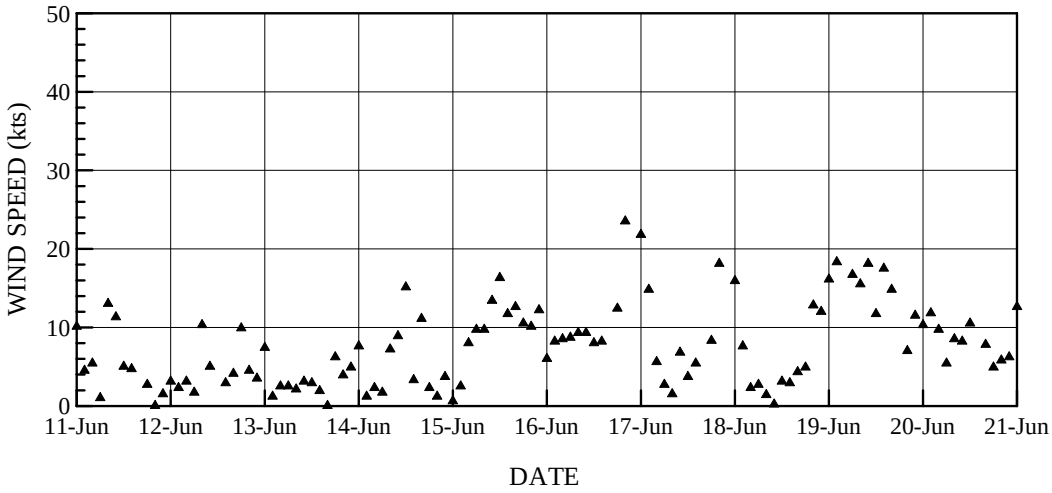


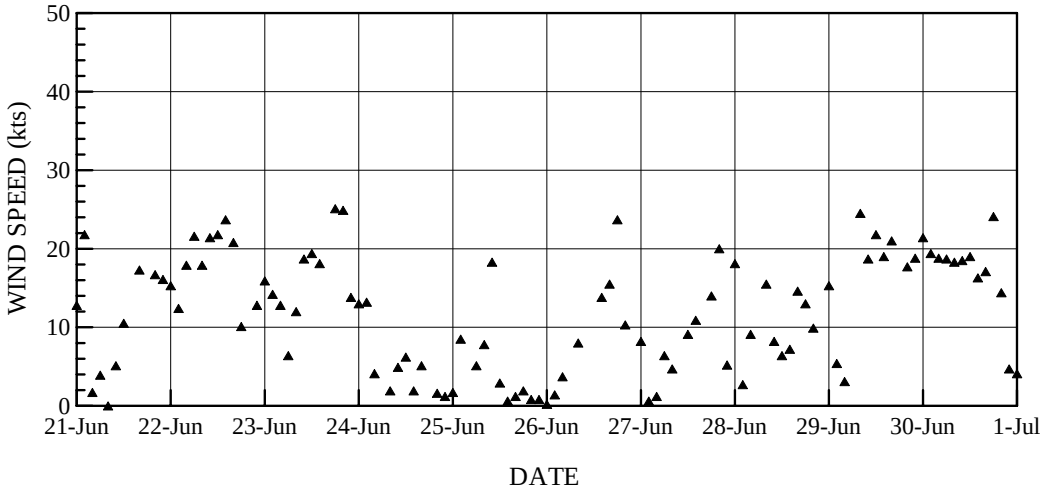




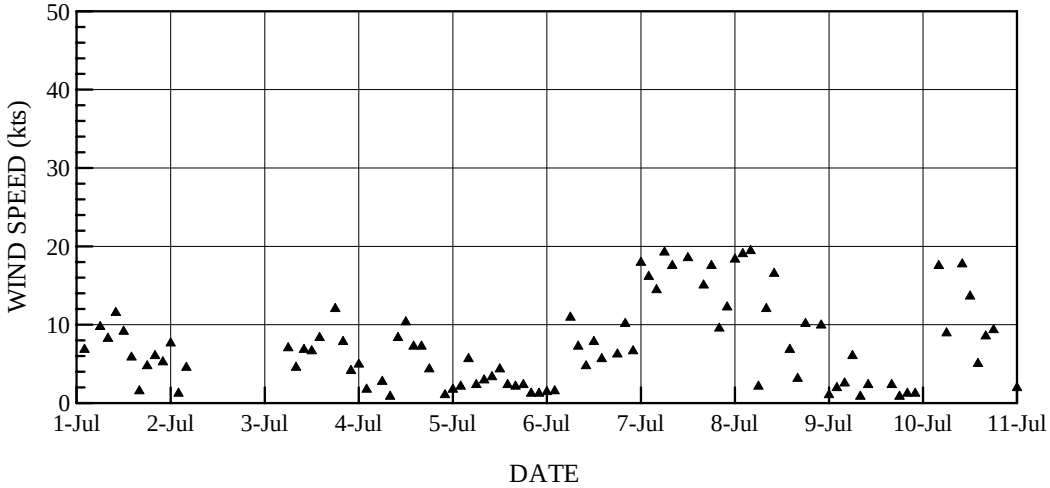
94 年 5 月平均風速時序列圖

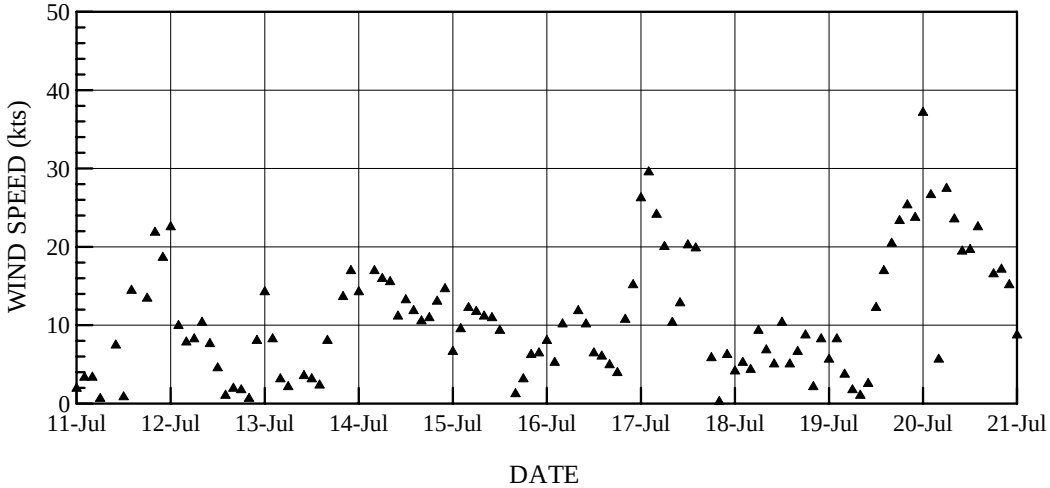


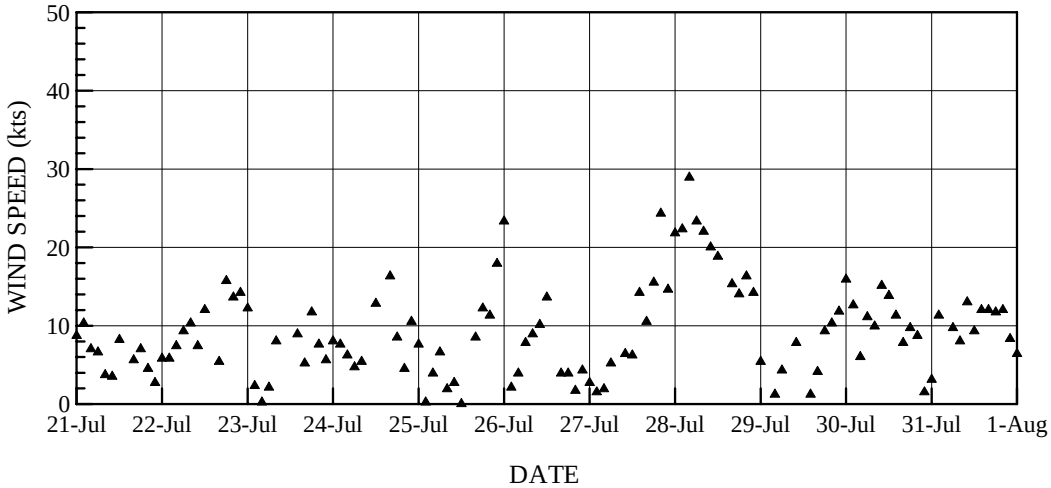




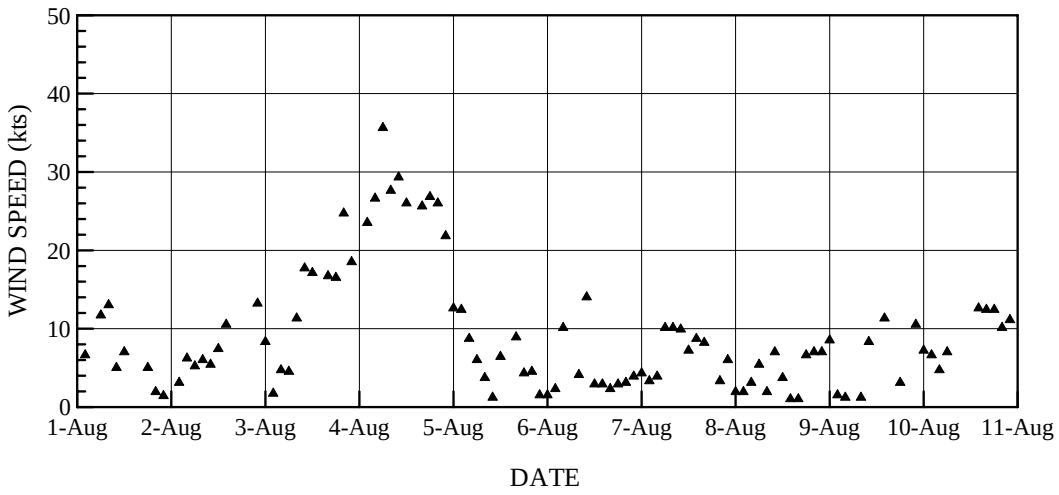
94 年 6 月平均風速時序列圖

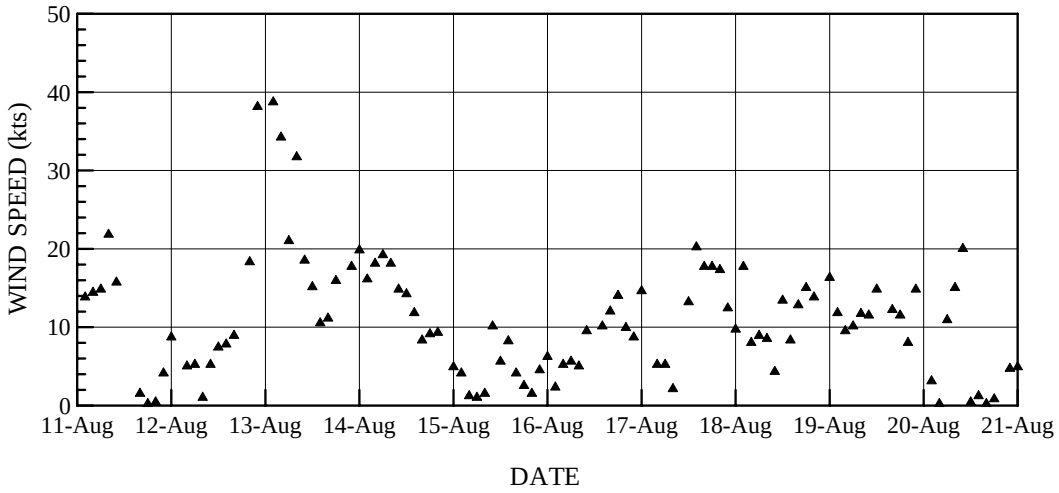


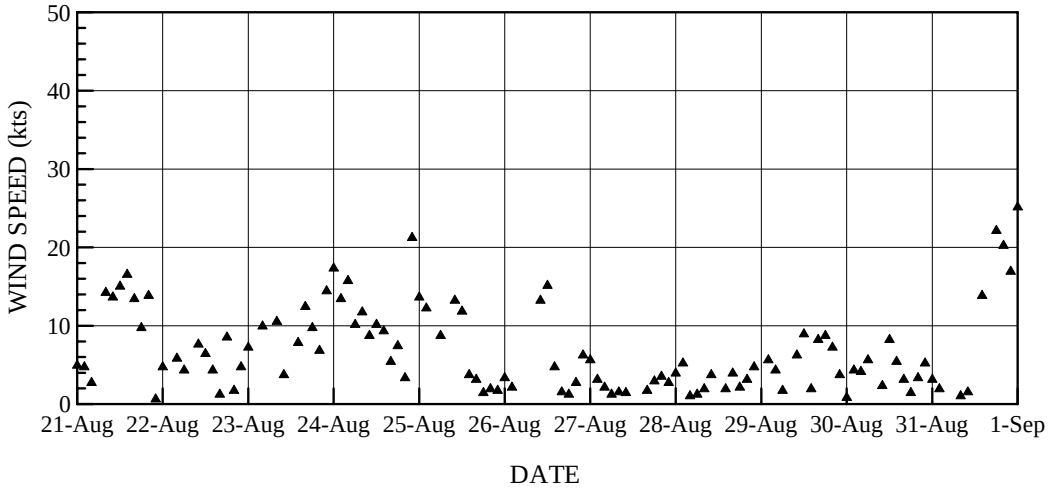




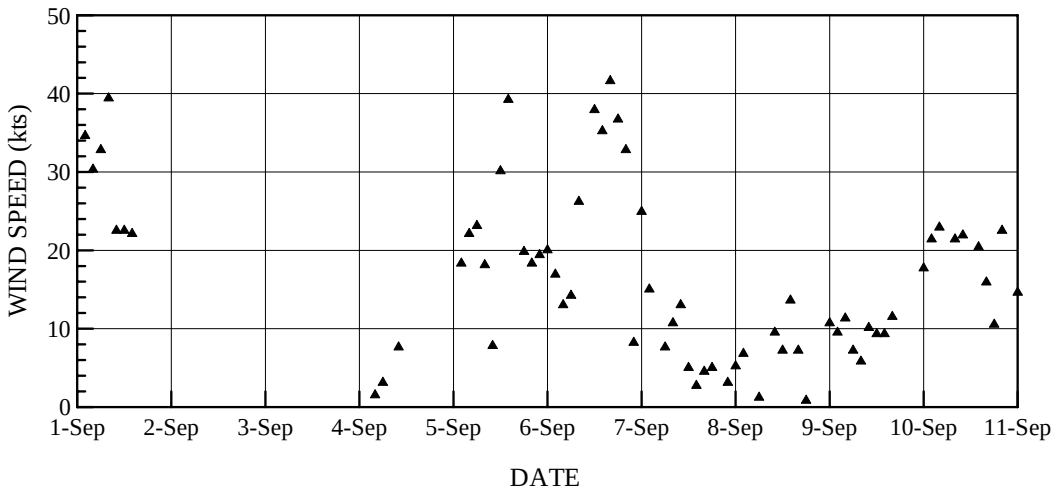
94 年 7 月平均風速時序列圖

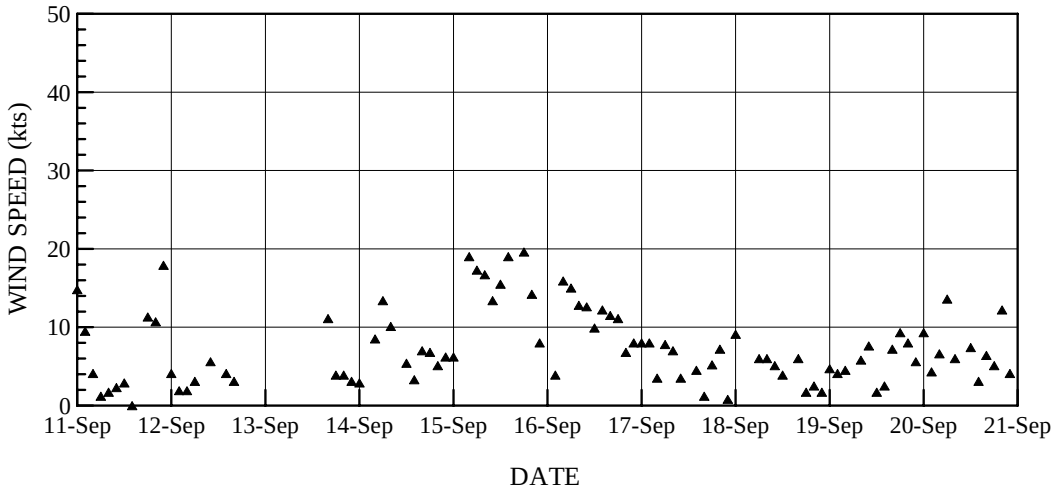


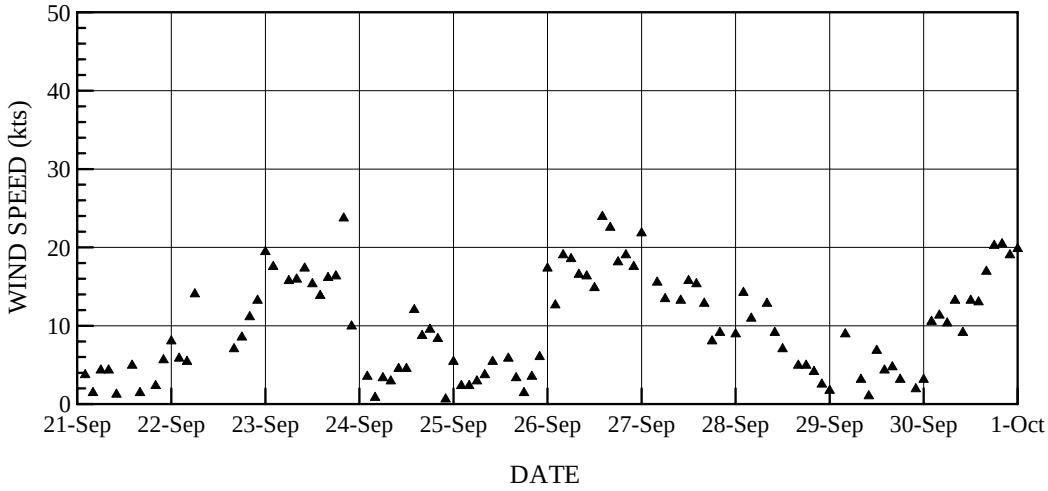




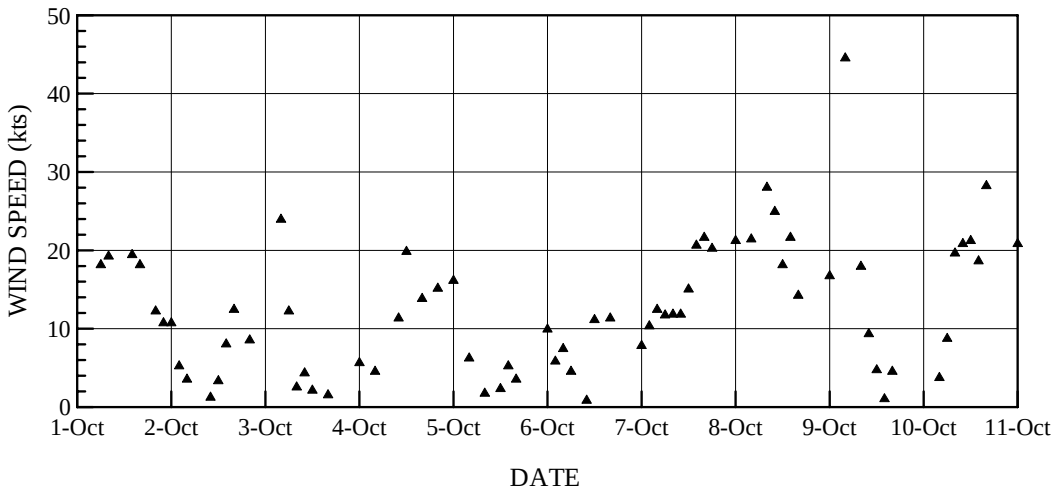
94 年 8 月平均風速時序列圖

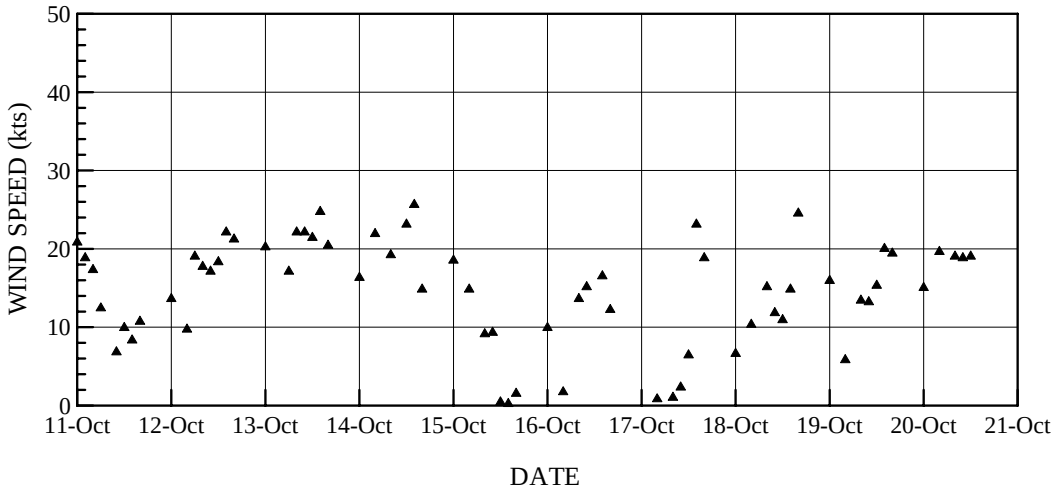


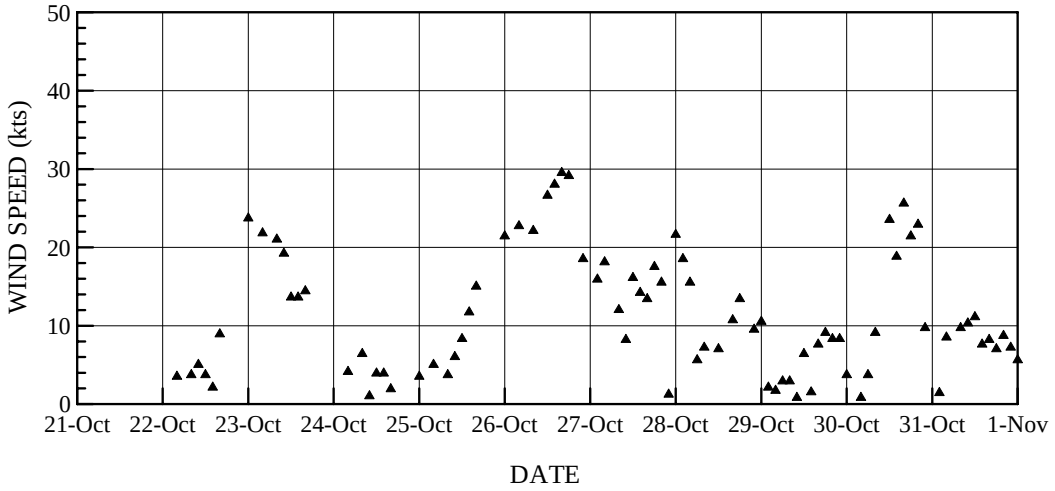




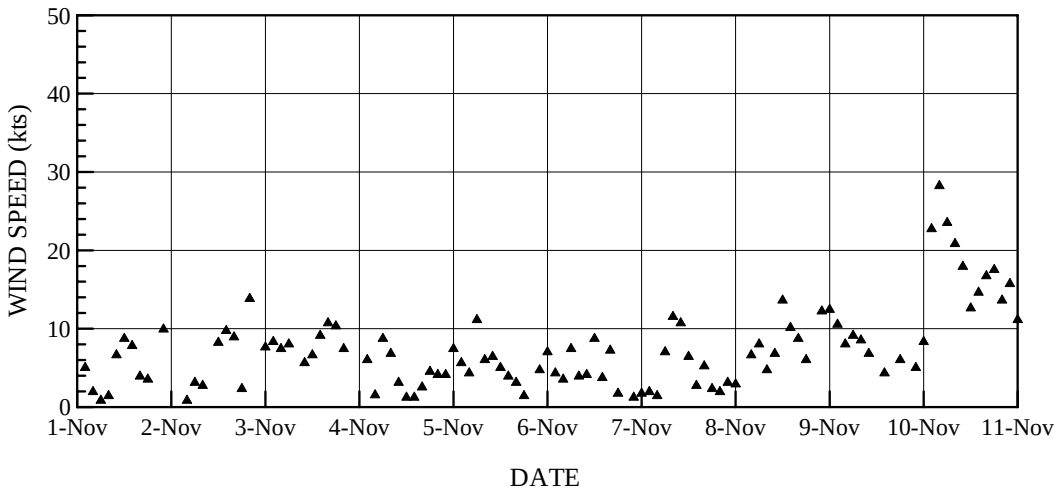
94 年 9 月平均風速時序列圖

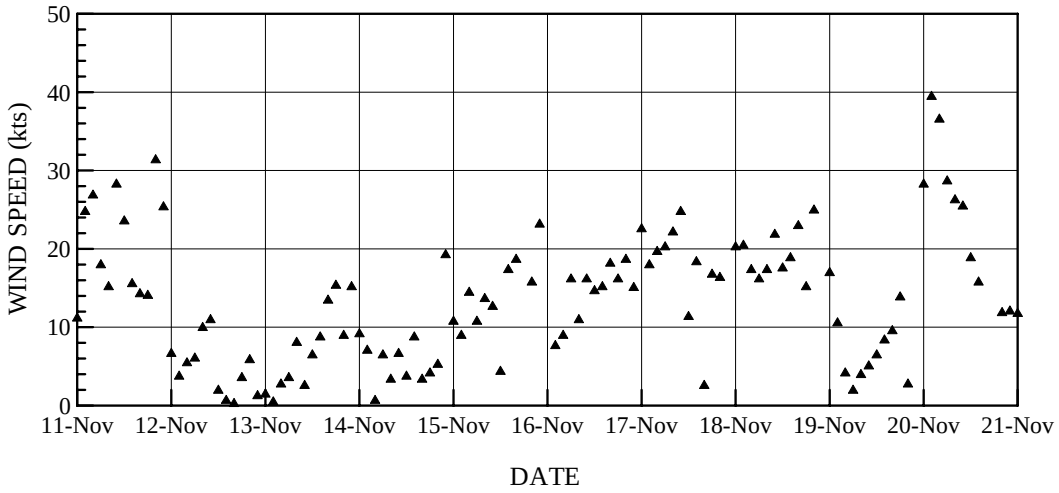


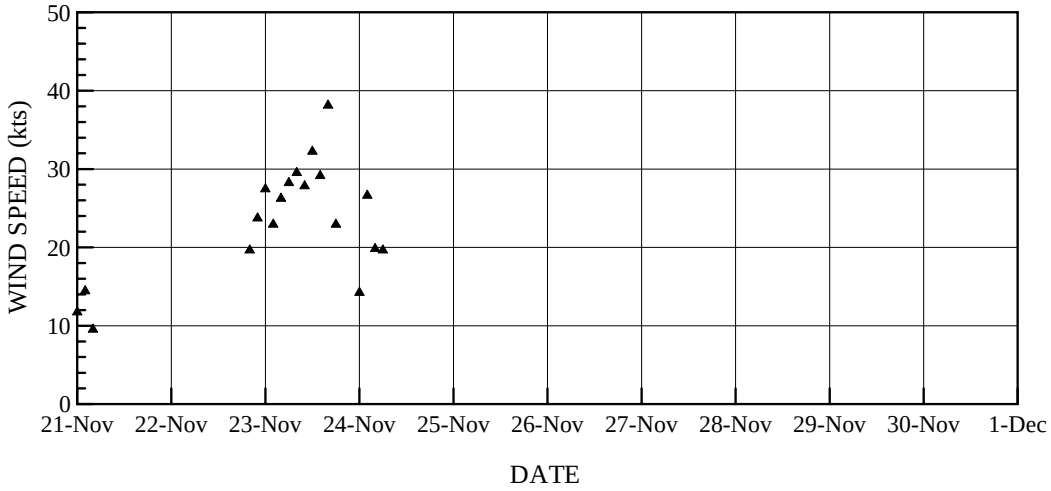




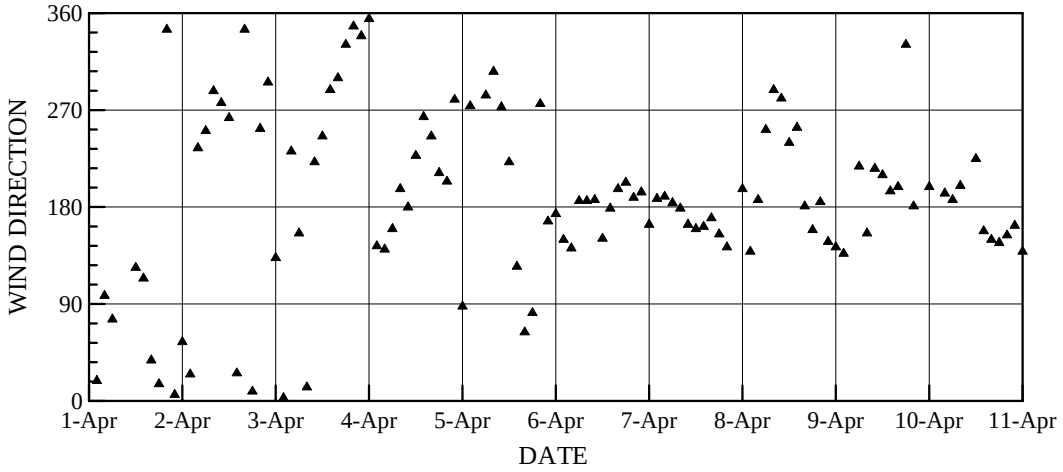
94 年 10 月平均風速時序列圖

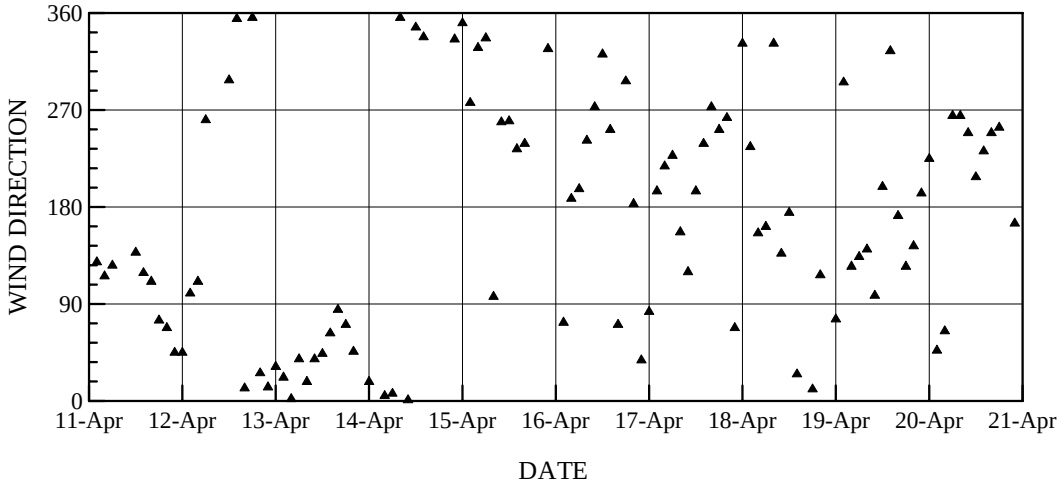


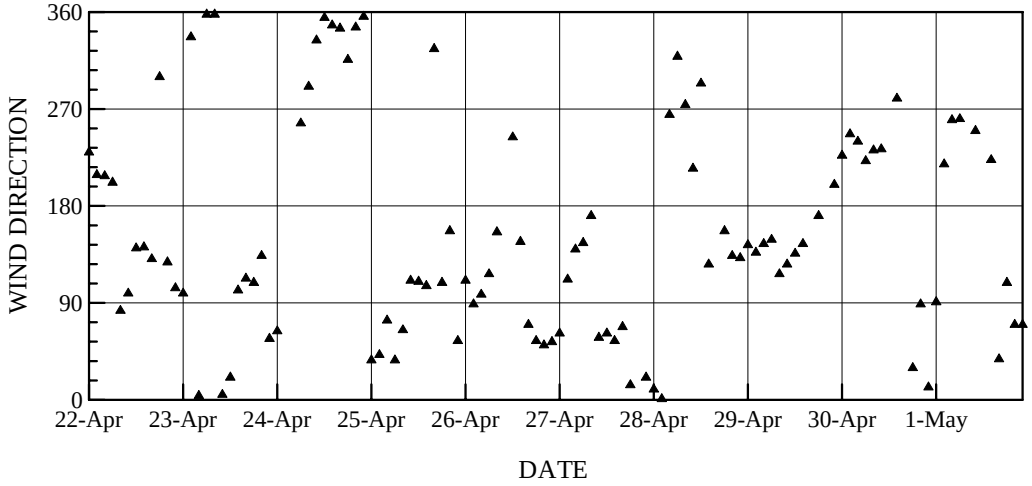




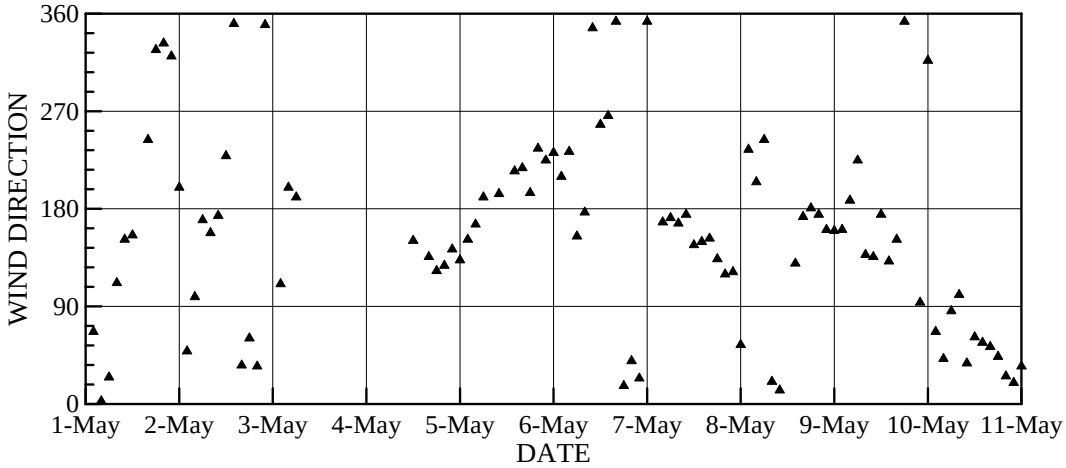
94 年 11 月平均風速時序列圖

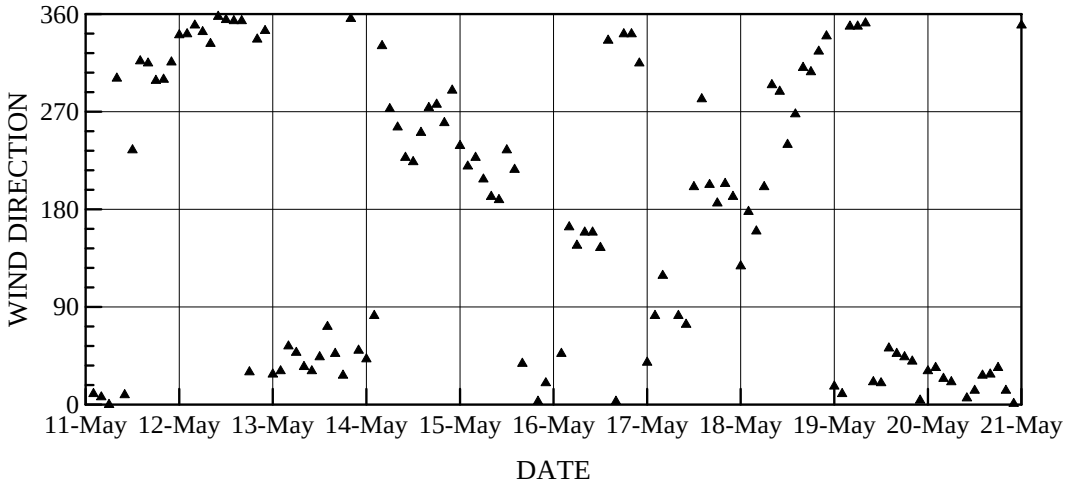


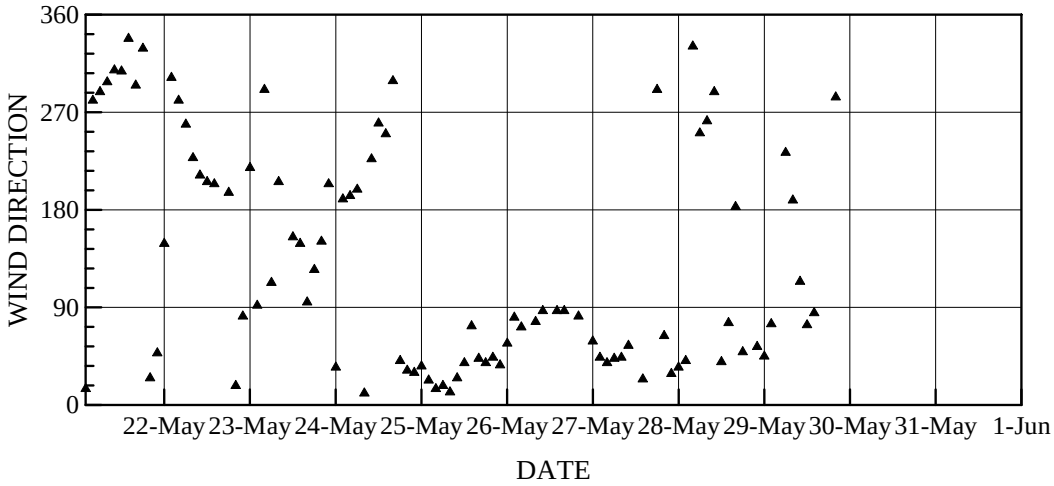




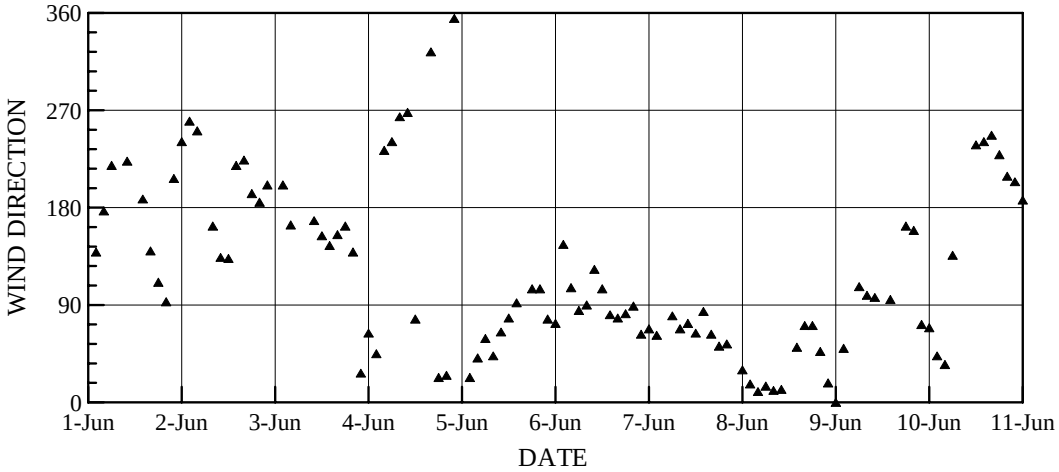
94 年 4 月風向時序列圖

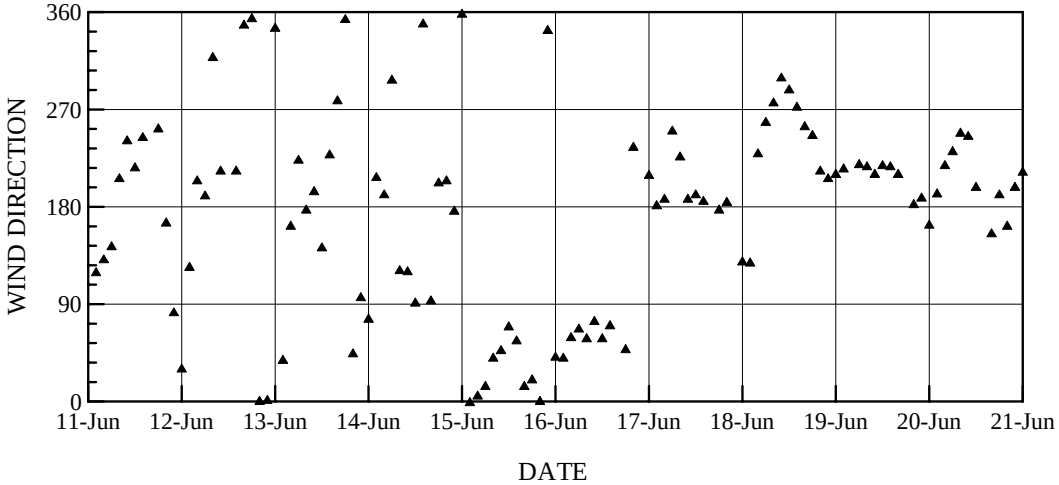


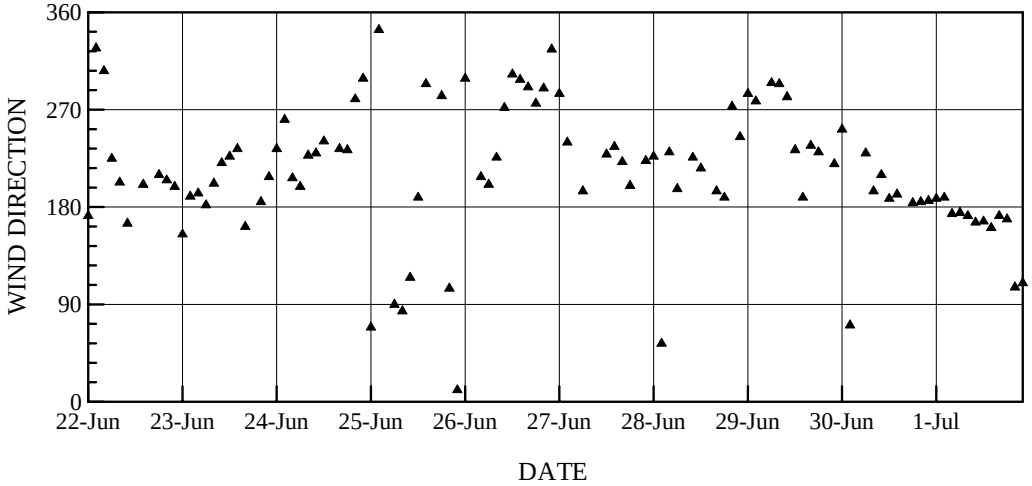




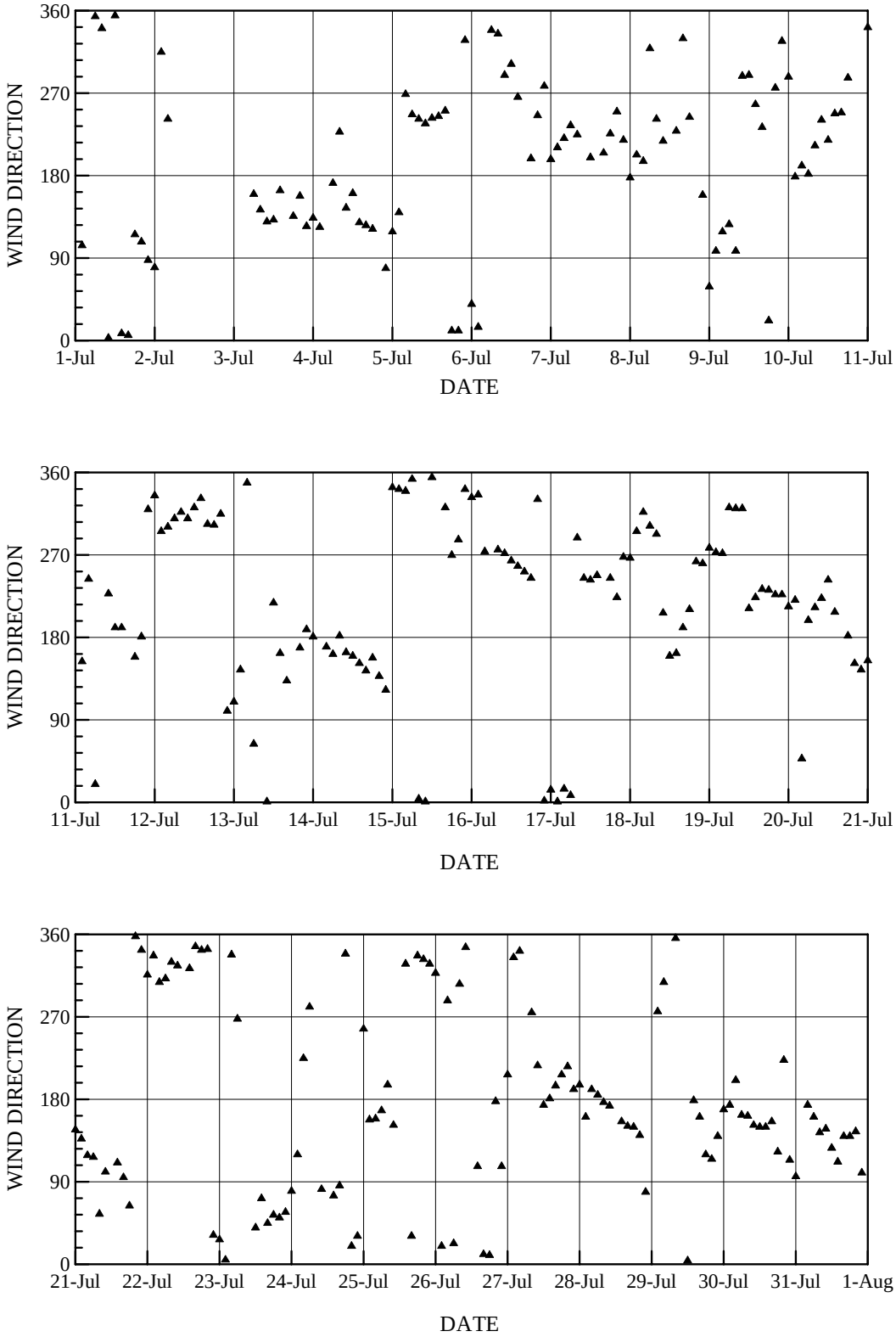
94 年 5 月風向時序列圖



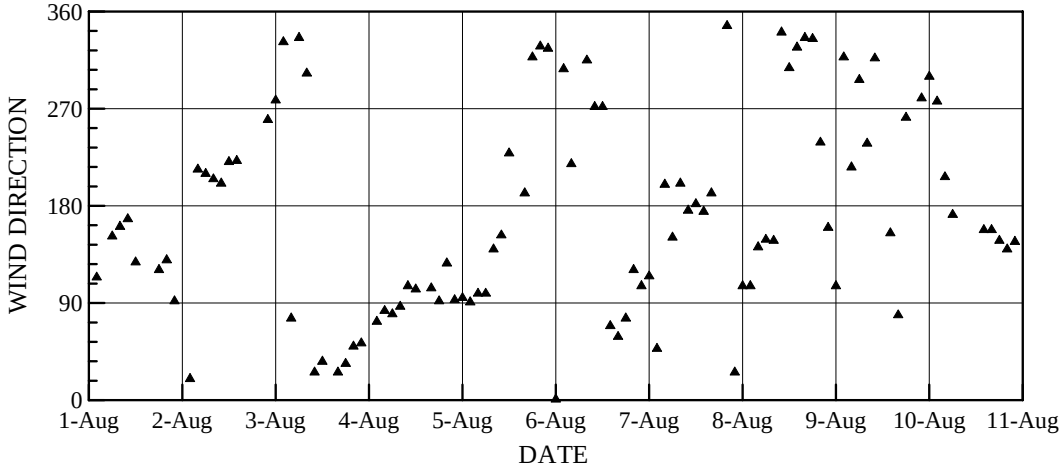


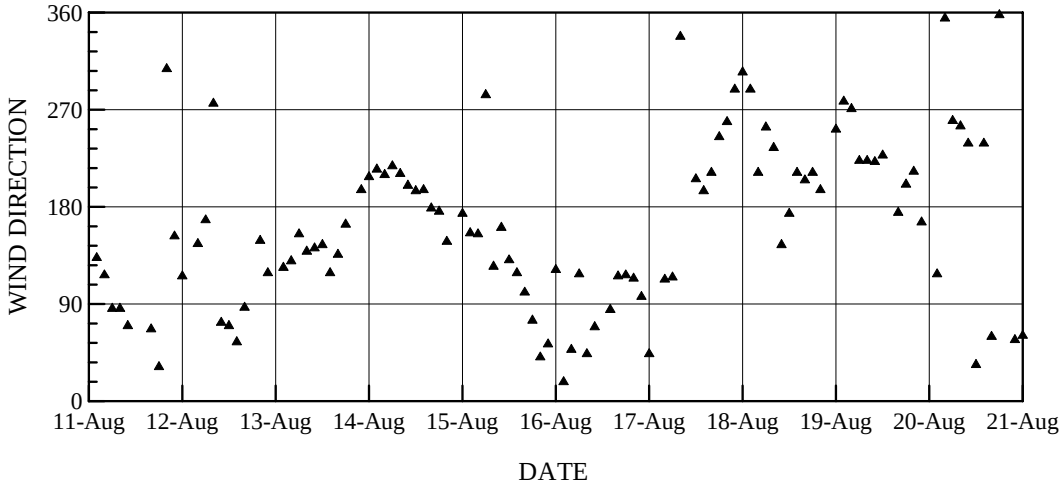


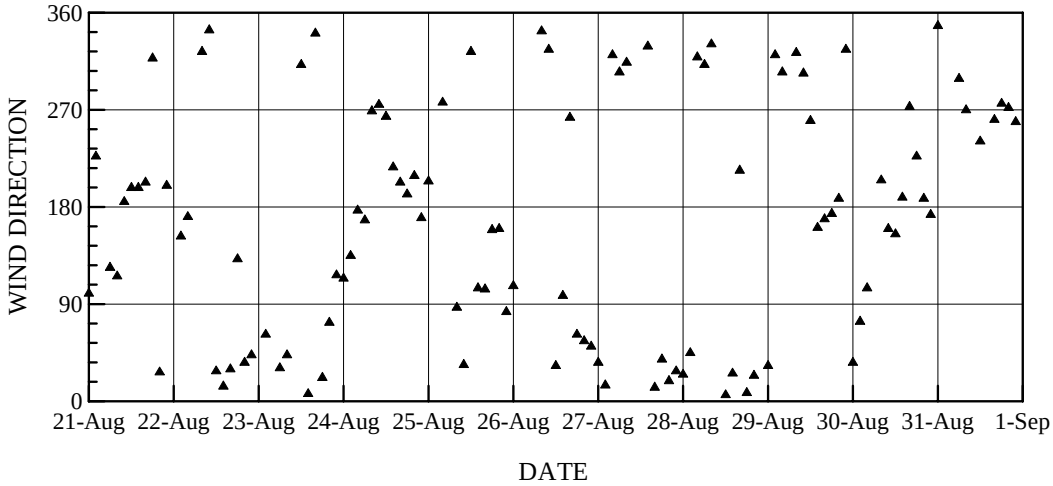
94 年 6 月風向時序列圖



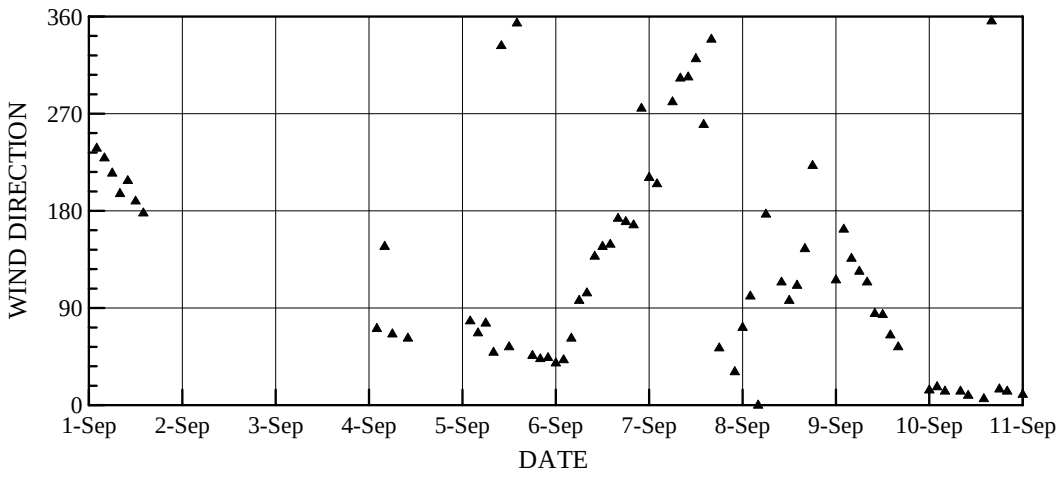
94 年 7 月風向時序列圖

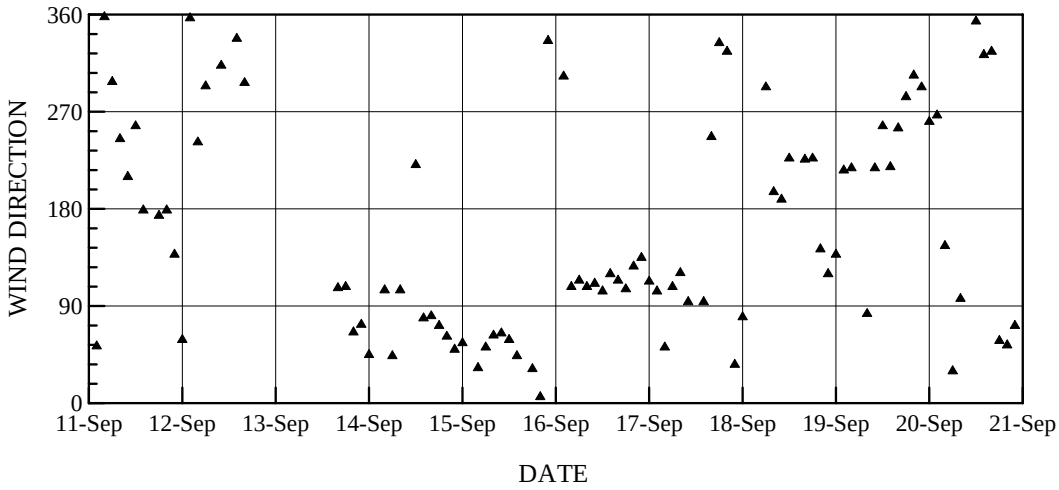


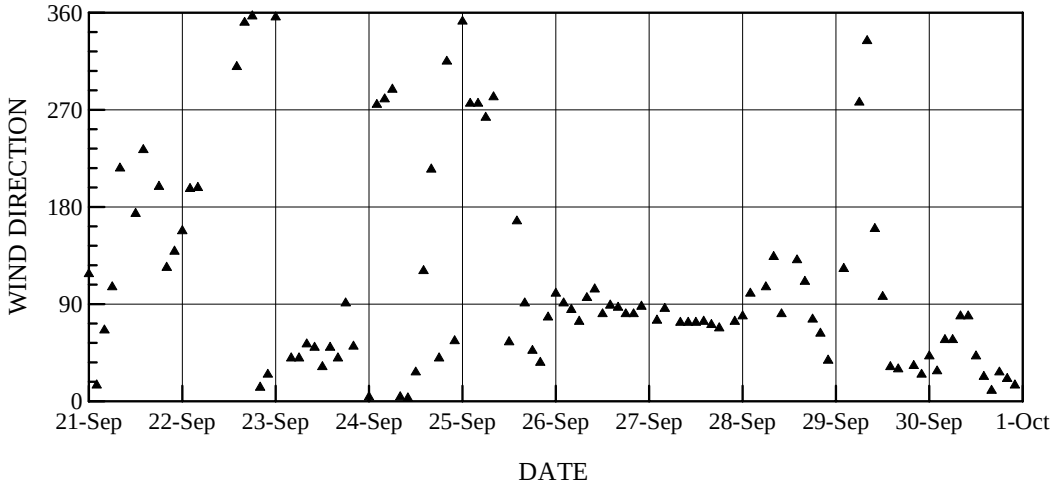




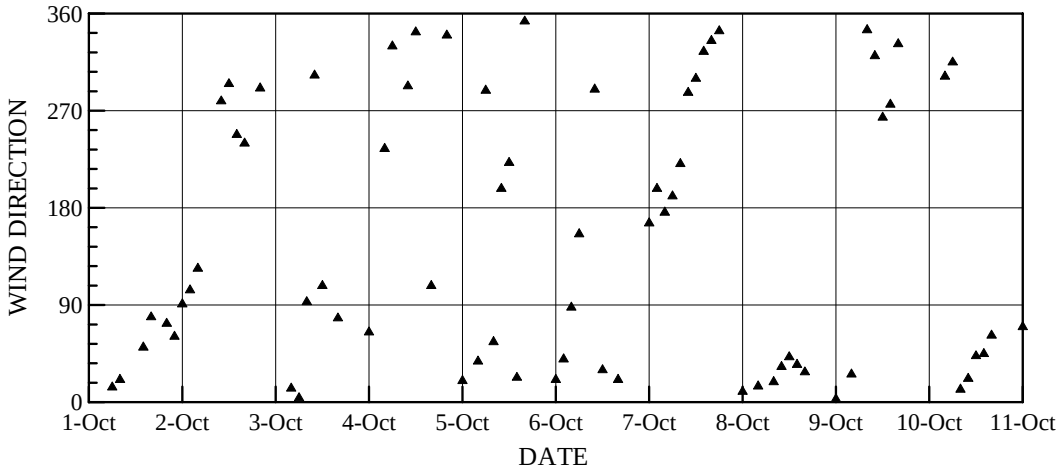
94 年 8 月風向時序列圖

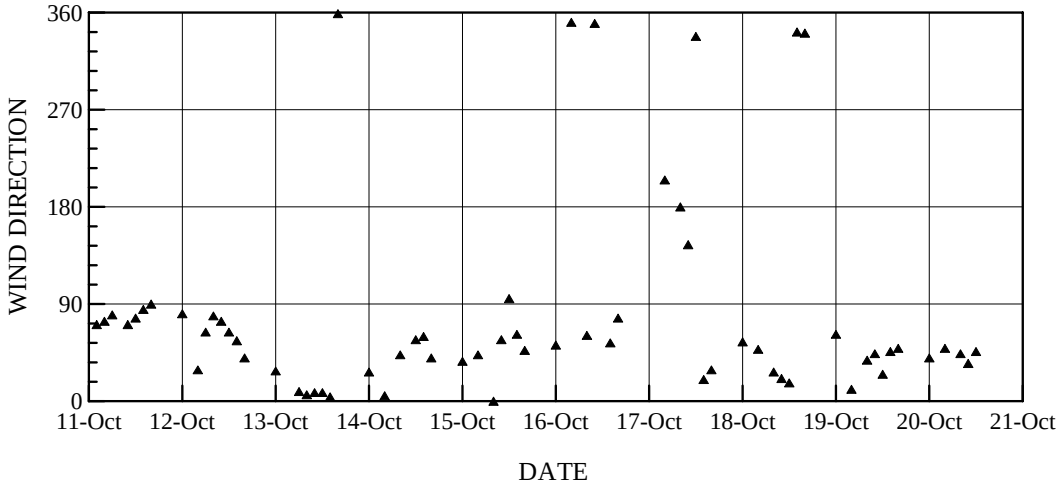


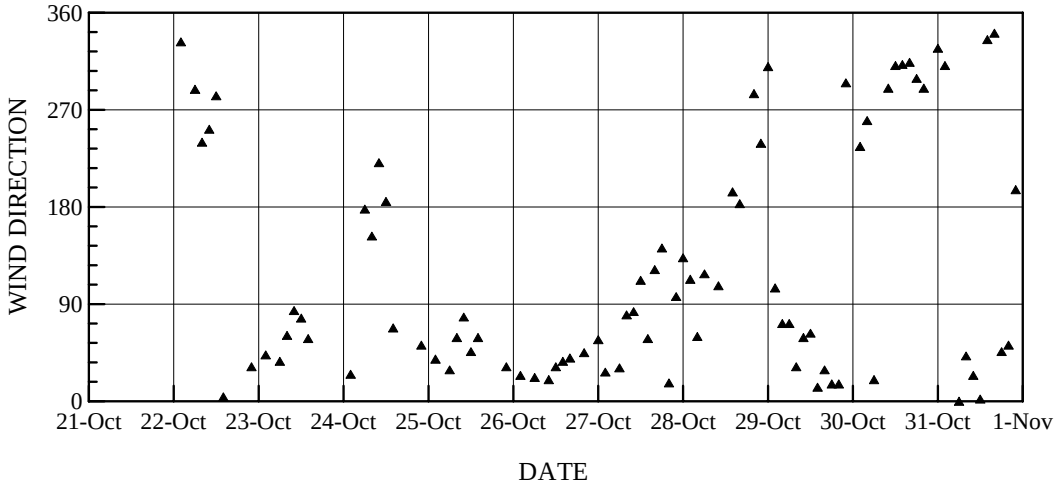




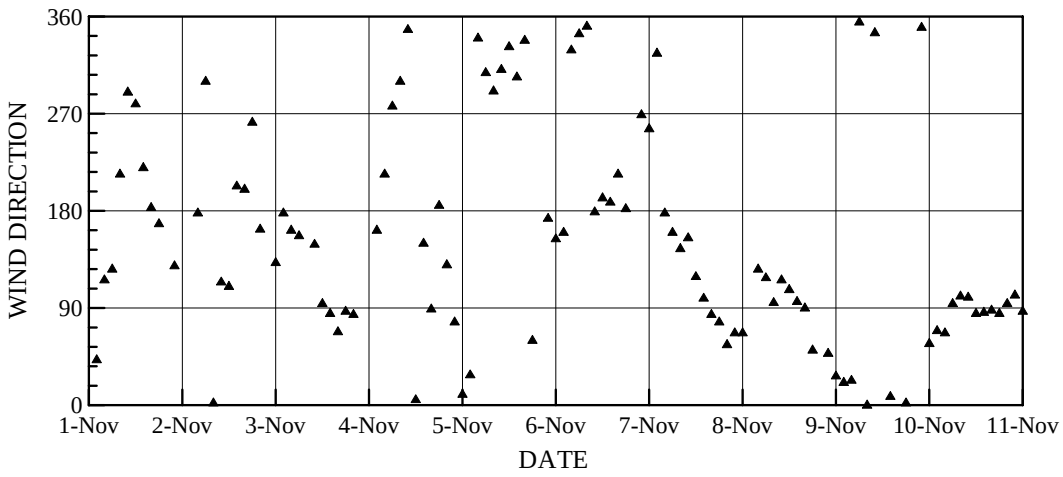
94 年 9 月風向時序列圖

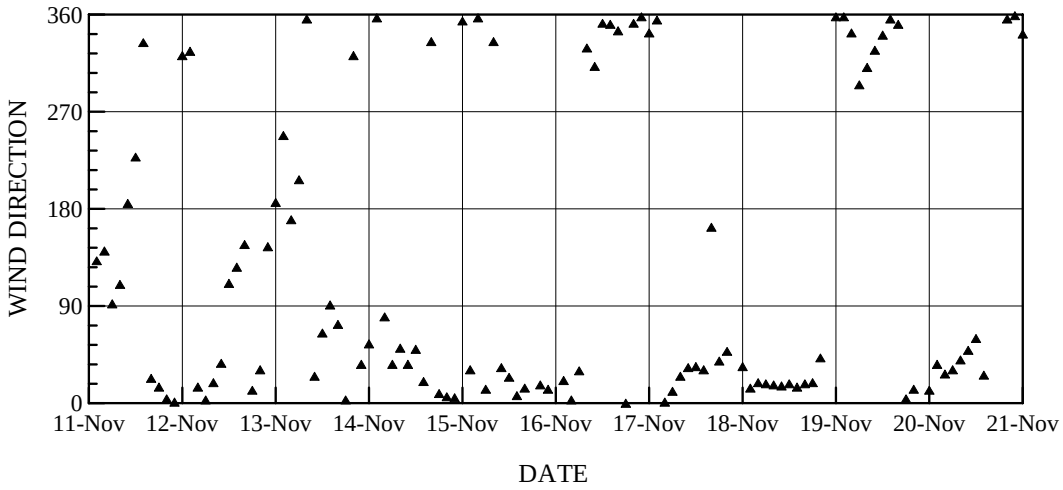


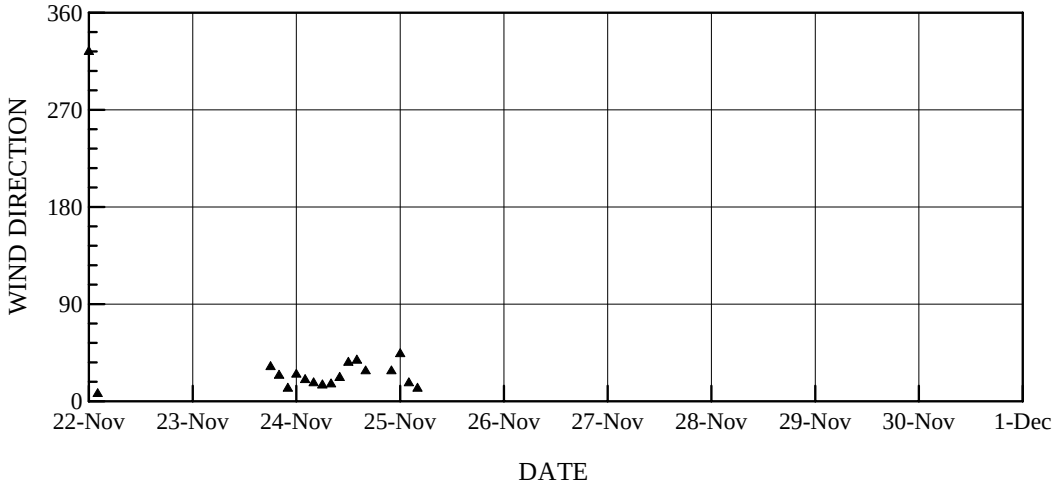




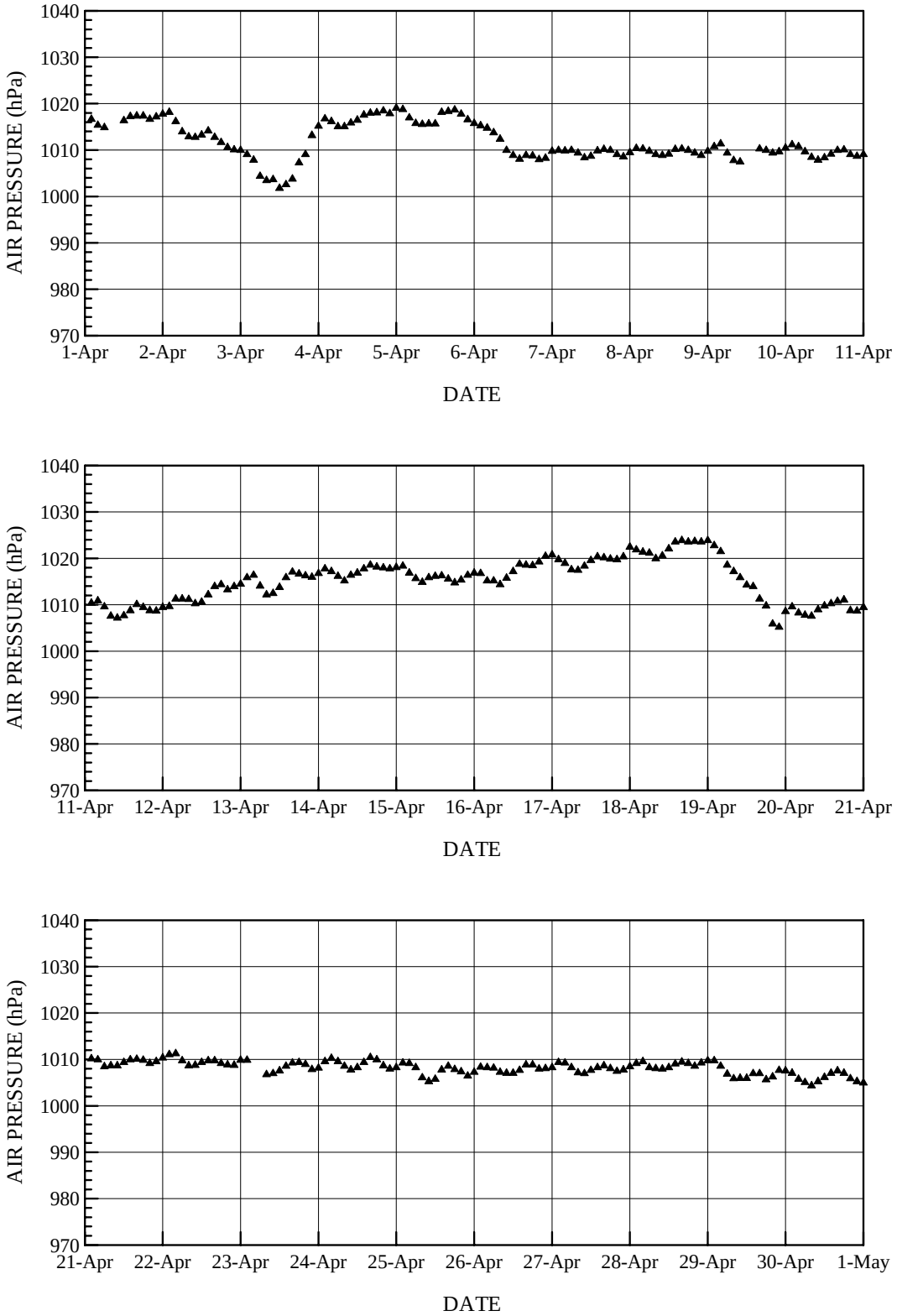
94 年 10 月風向時序列圖



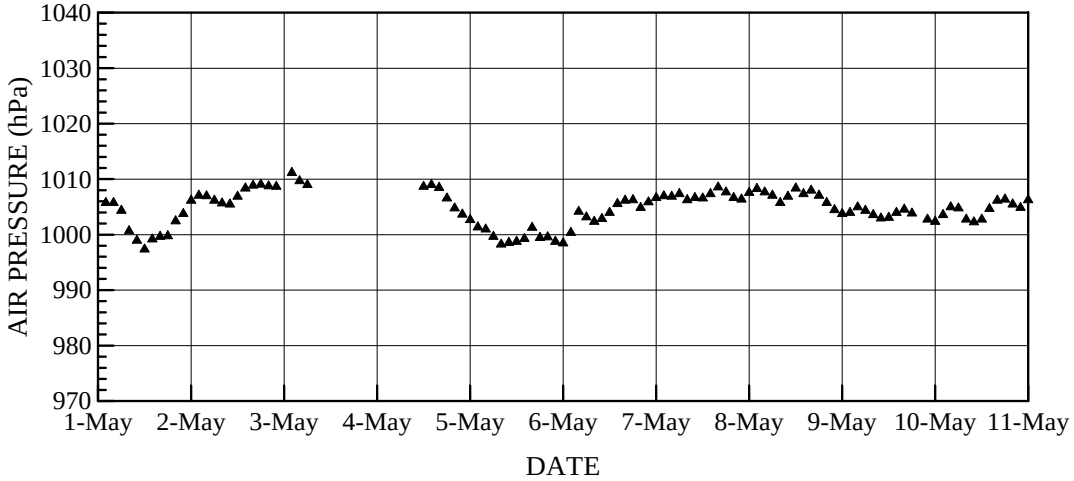


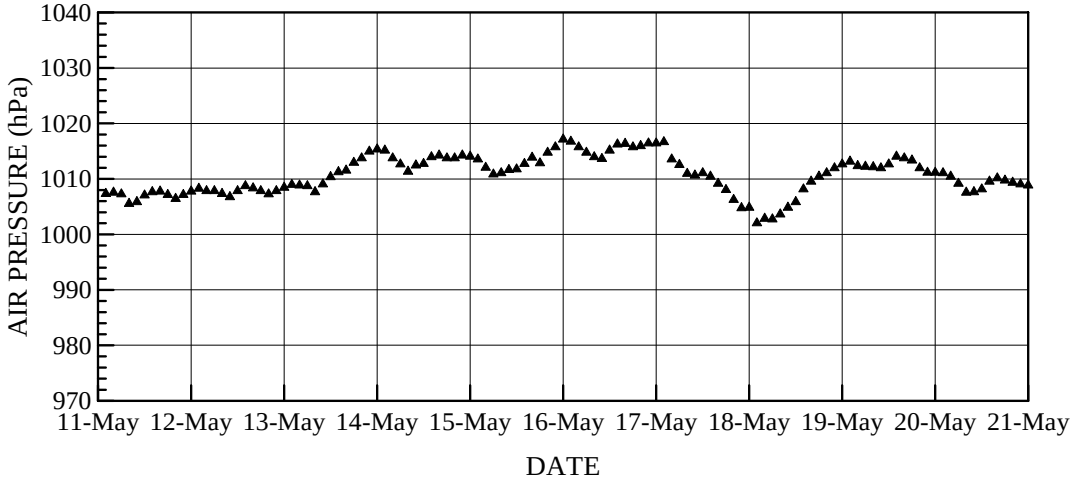


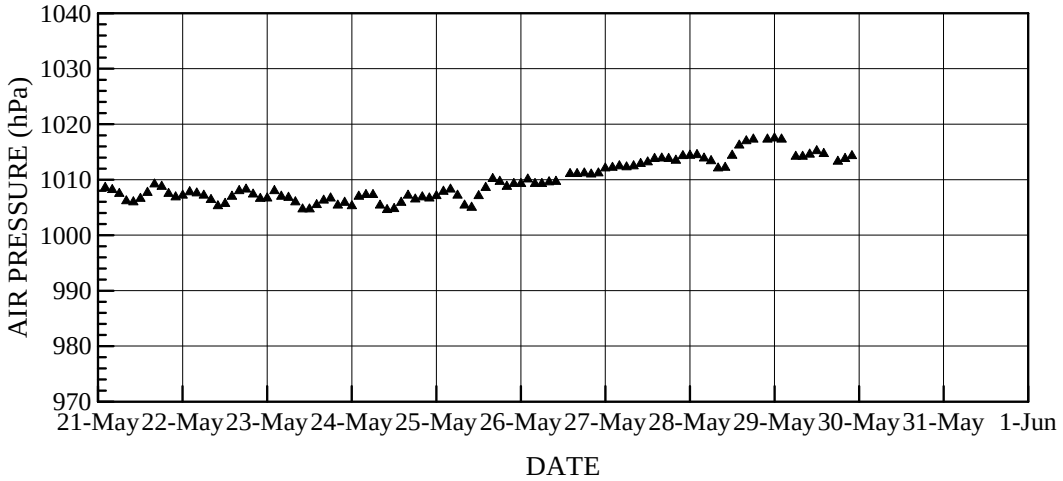
94 年 11 月風向時序列圖



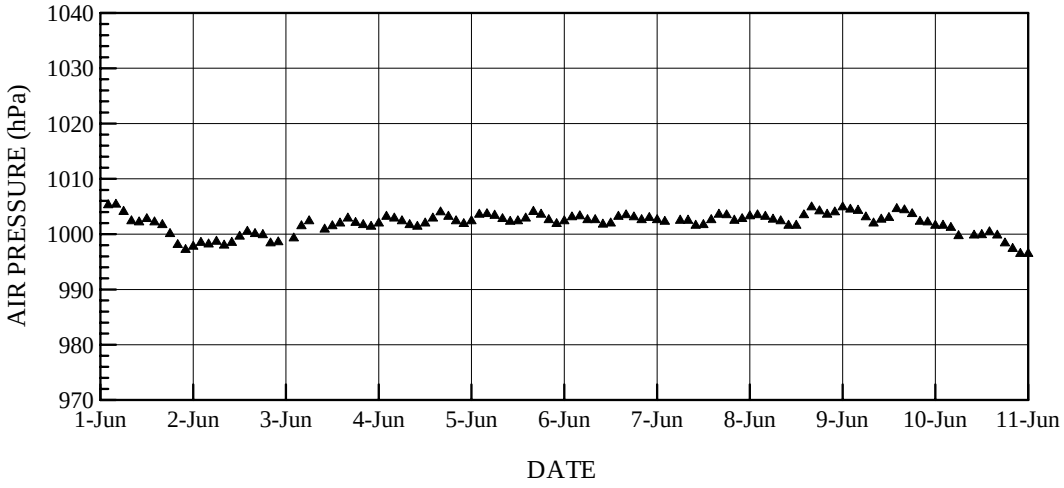
94 年 4 月氣壓時序列圖

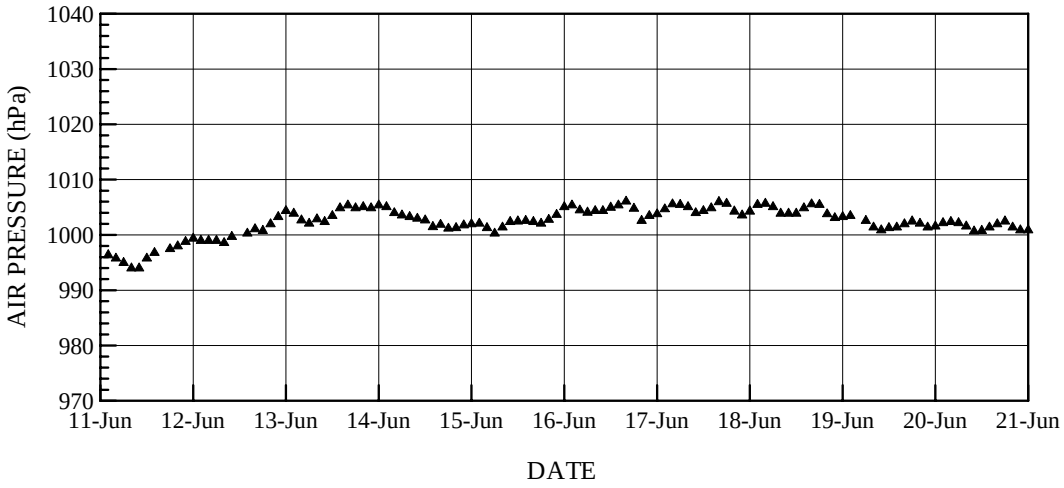


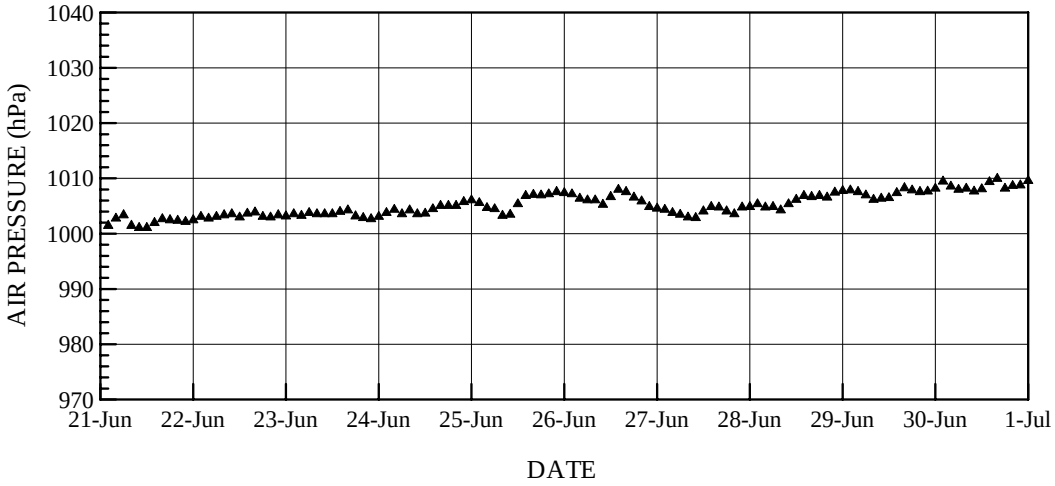




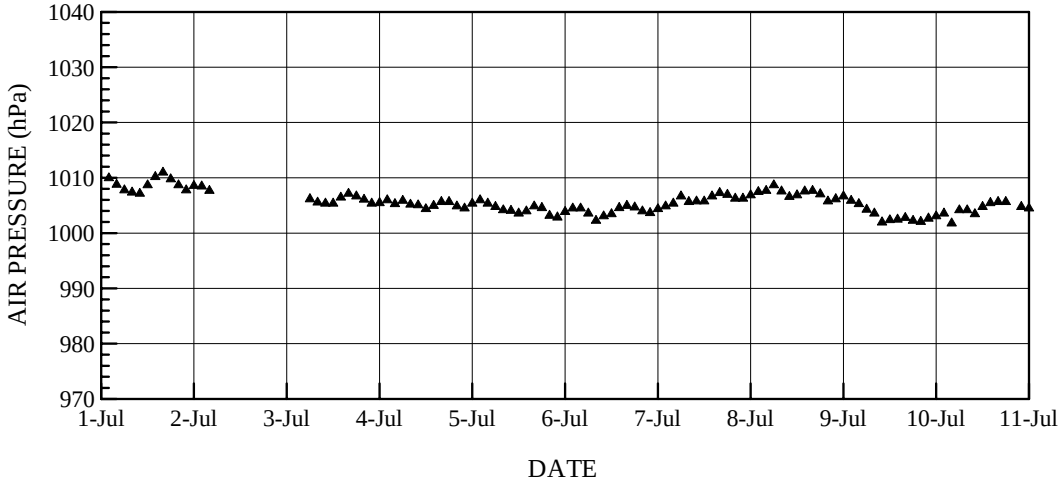
94 年 5 月氣壓時序列圖

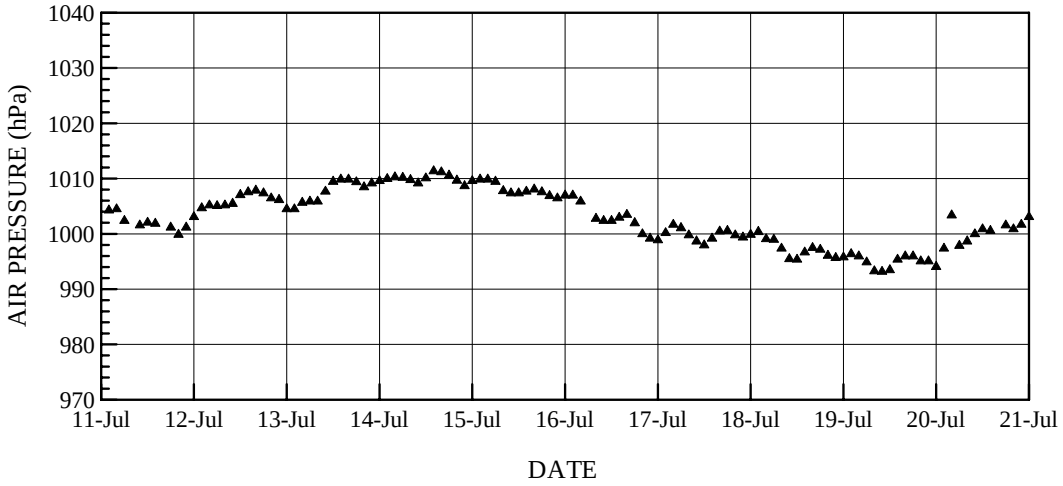


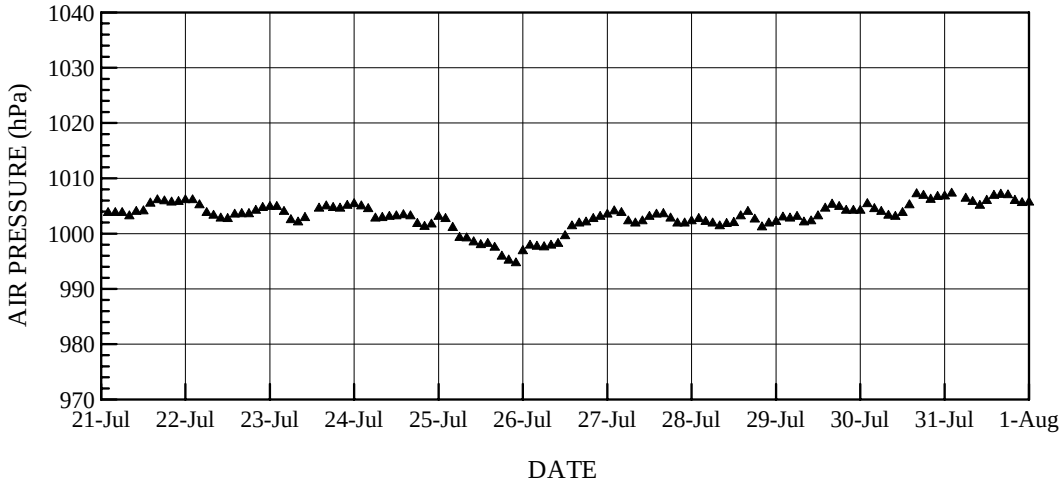




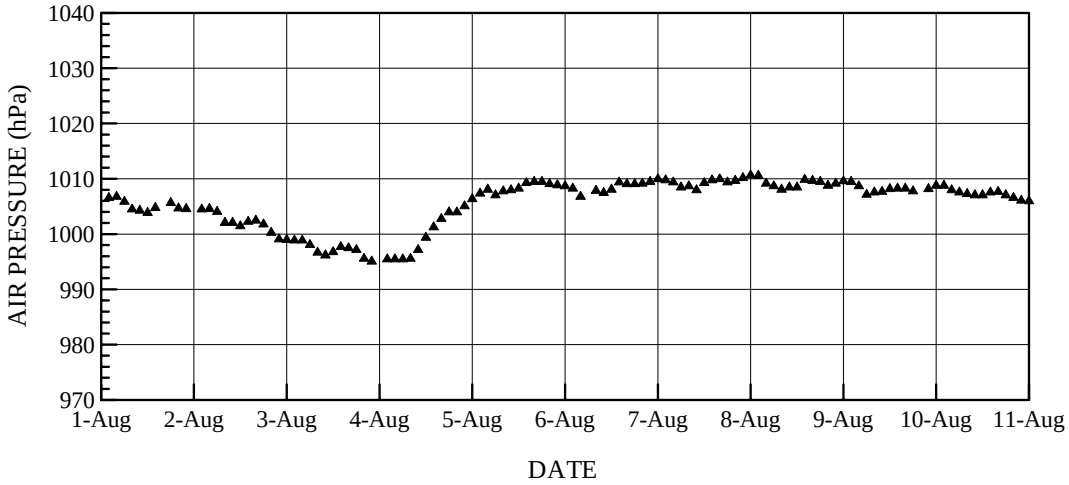
94 年 6 月氣壓時序列圖

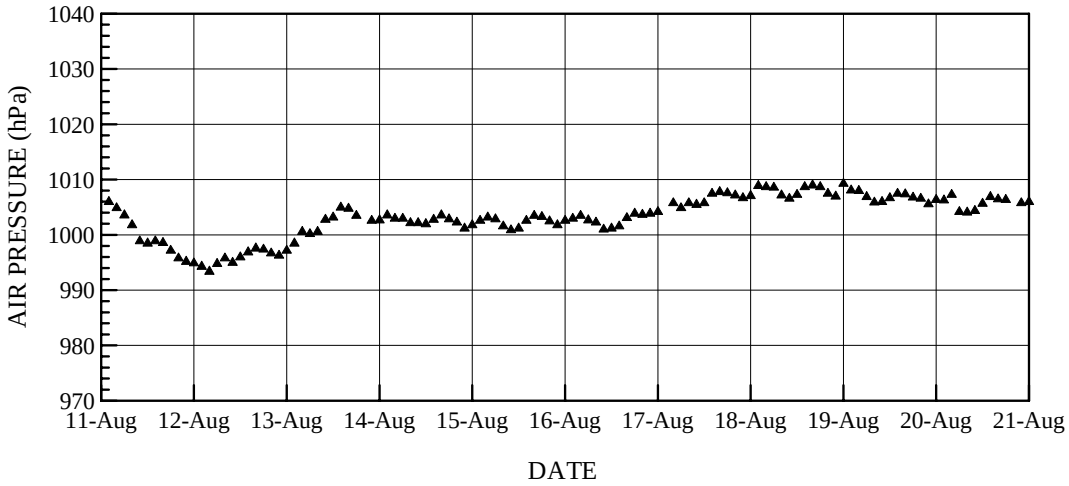


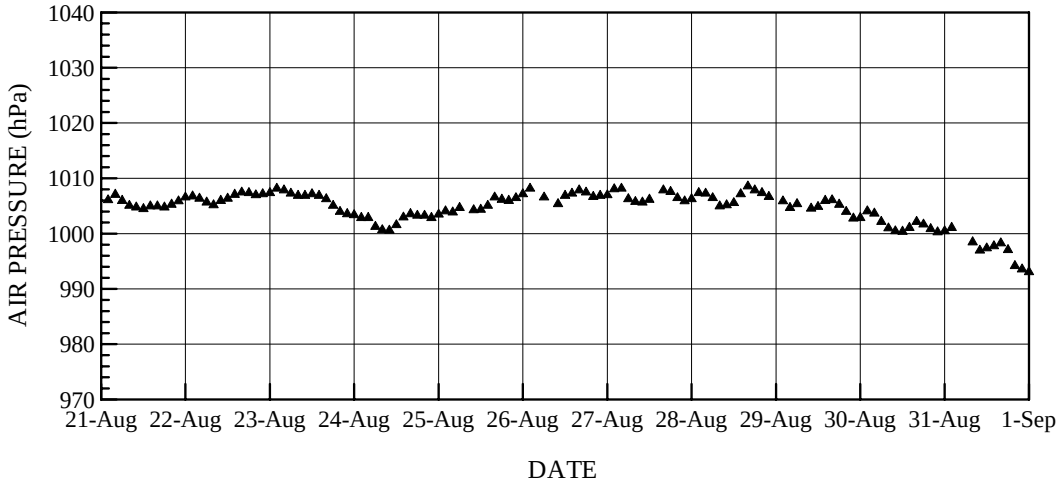




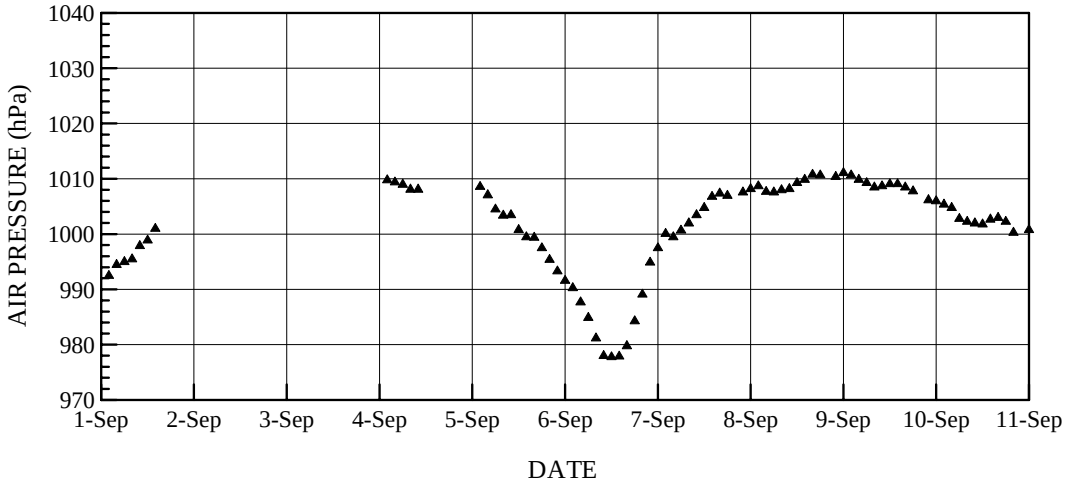
94 年 7 月氣壓時序列圖

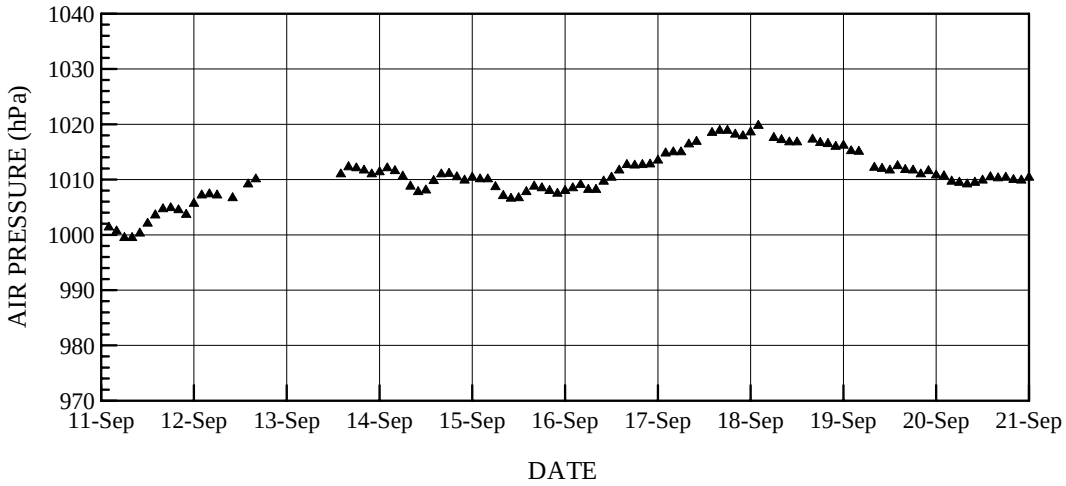


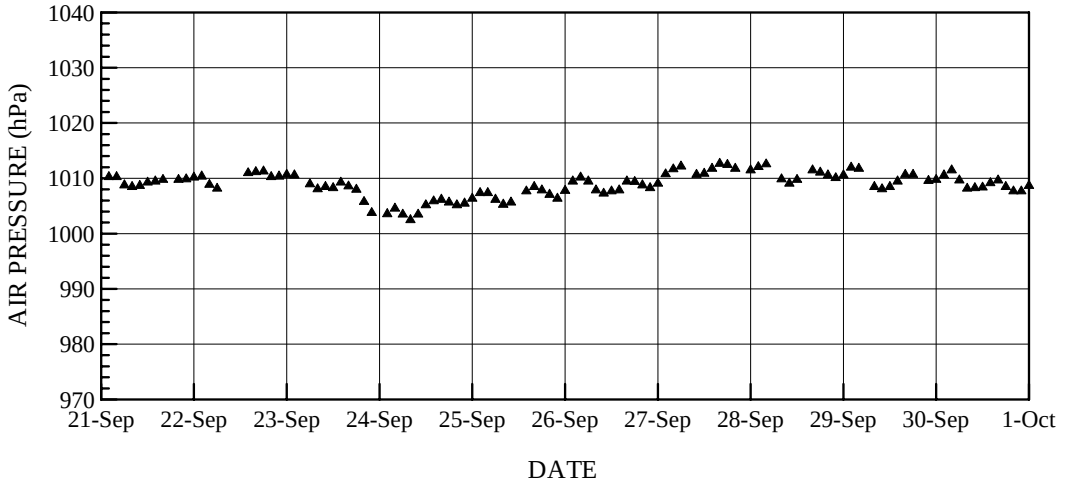




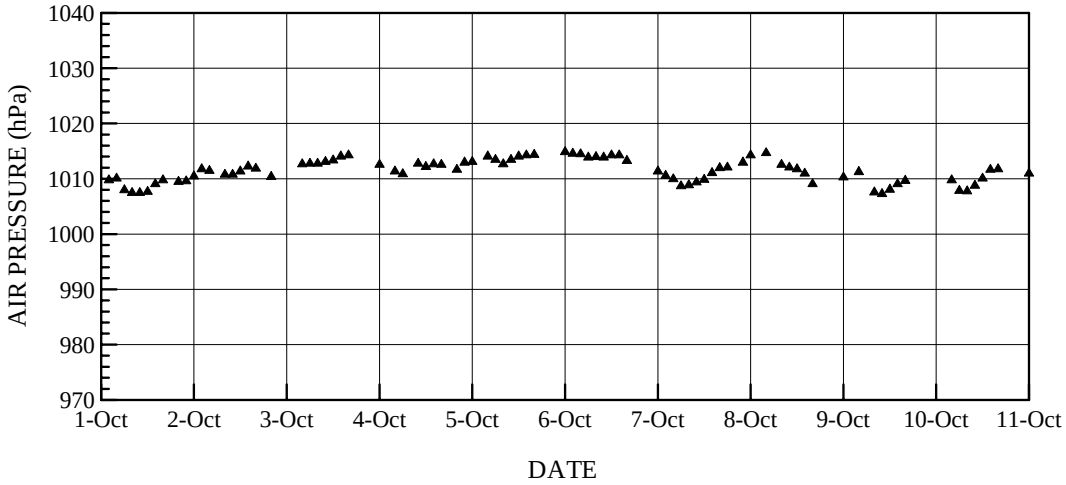
94 年 8 月氣壓時序列圖

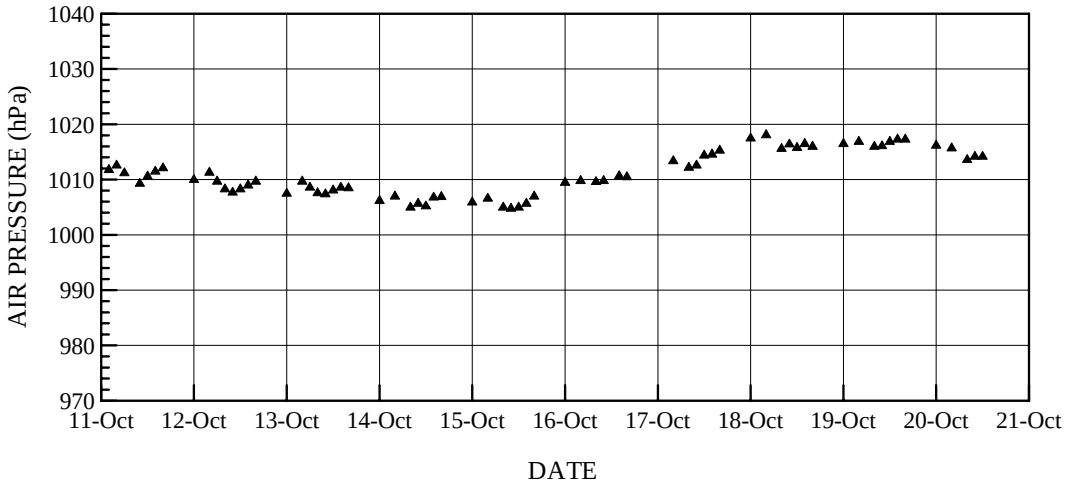


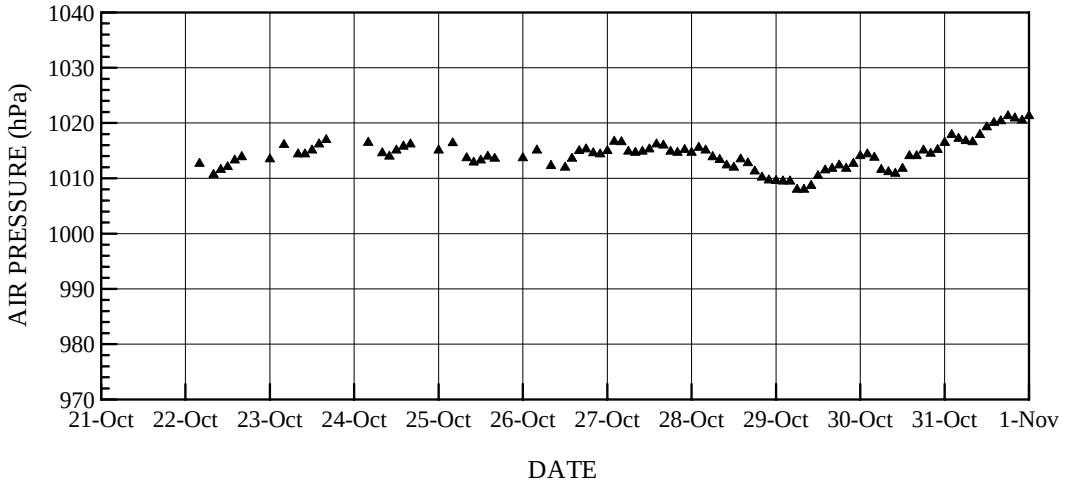




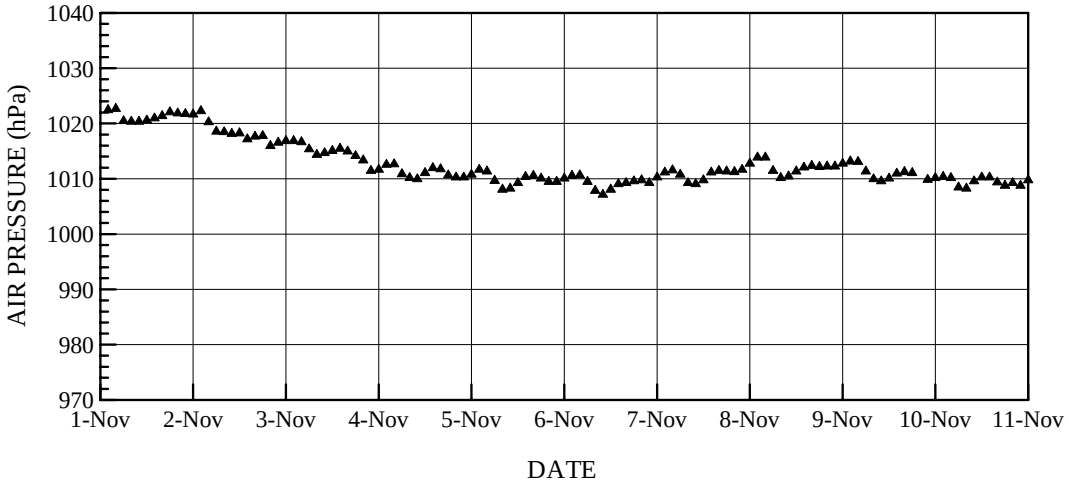
94 年 9 月氣壓時序列圖

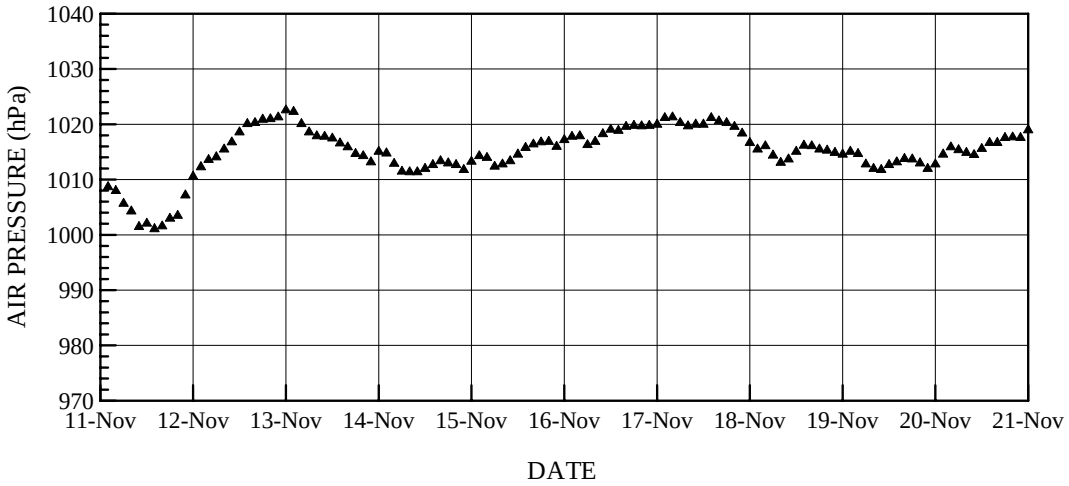


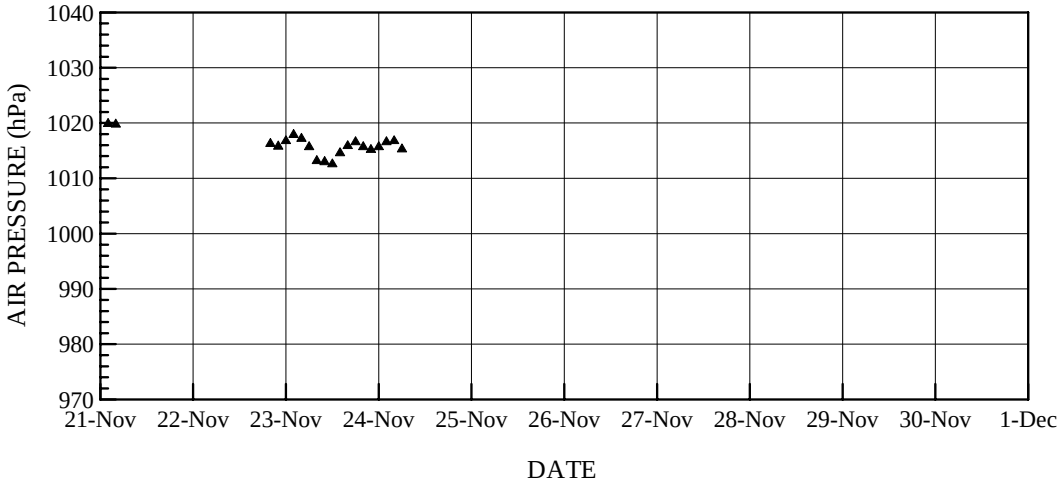




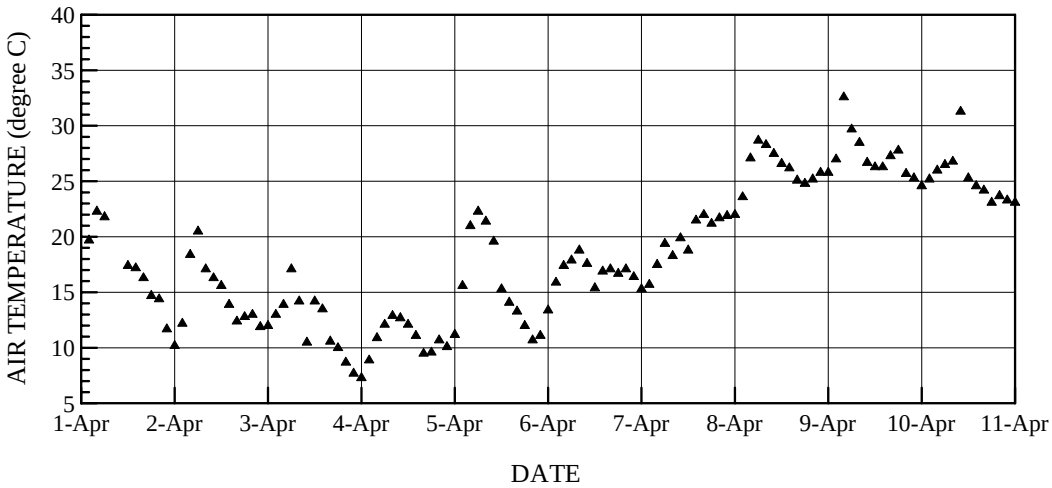
94 年 10 月氣壓時序列圖

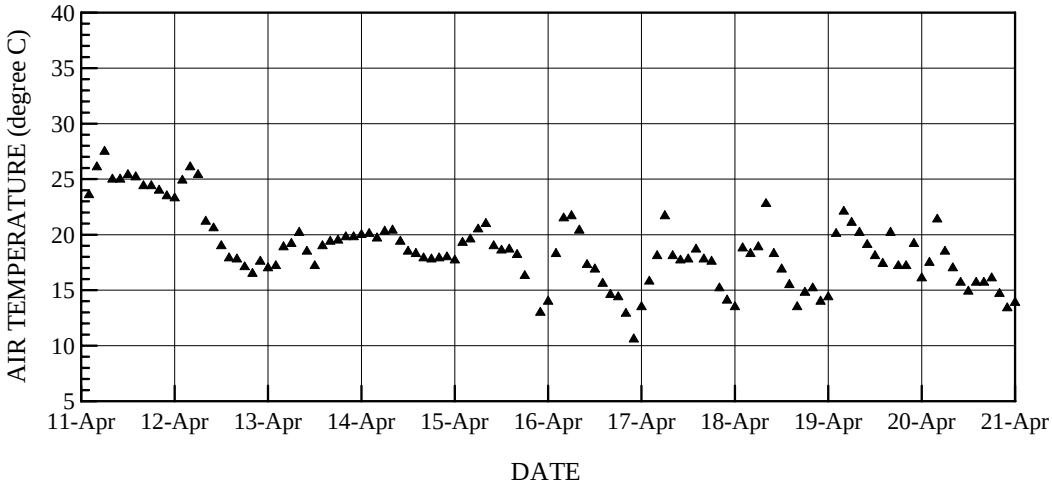


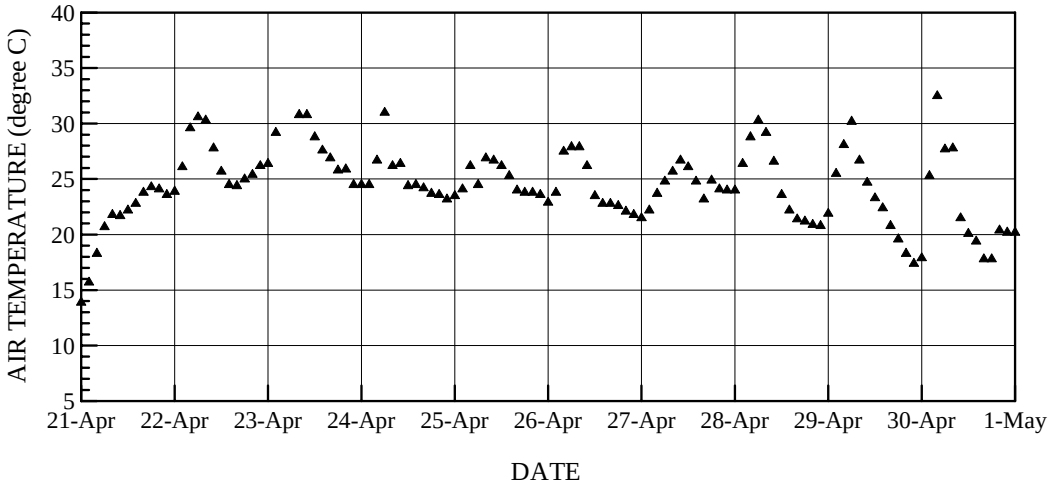




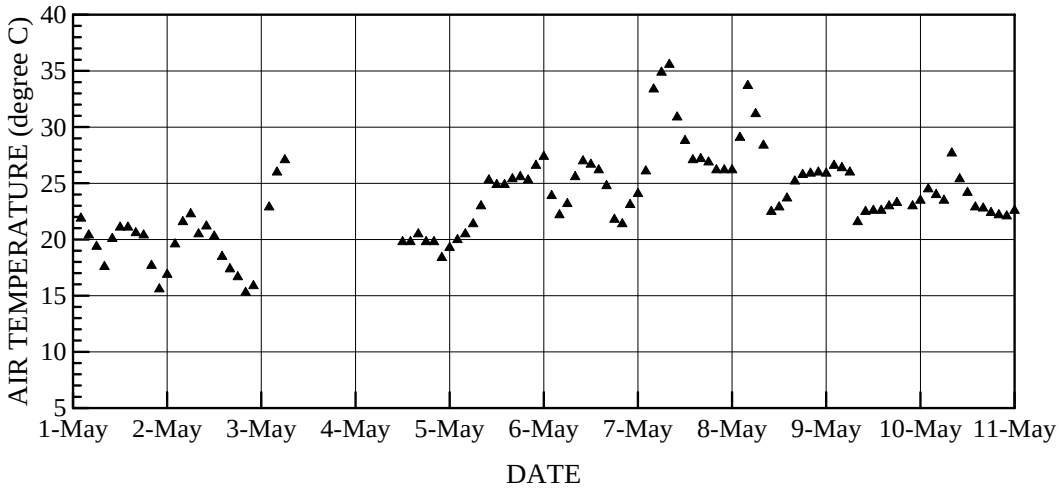
94 年 11 月氣壓時序列圖

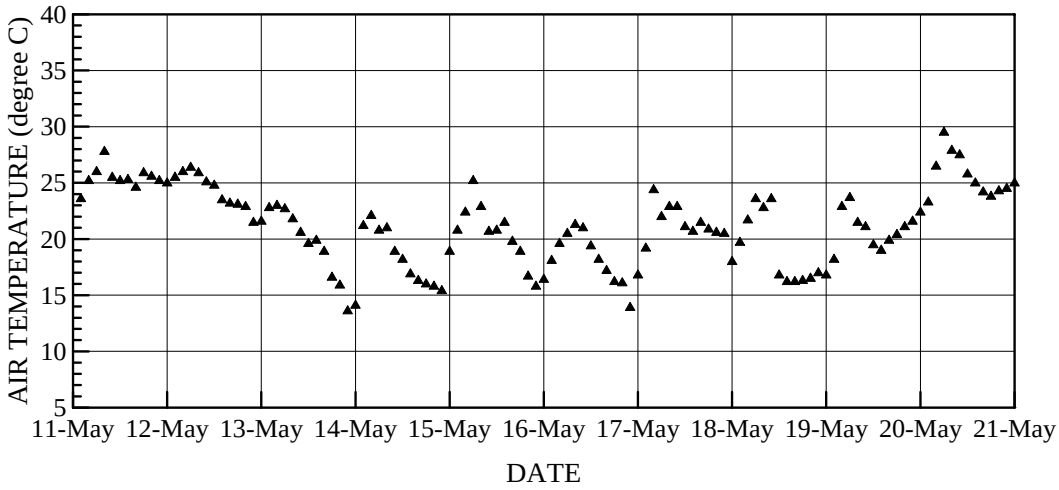


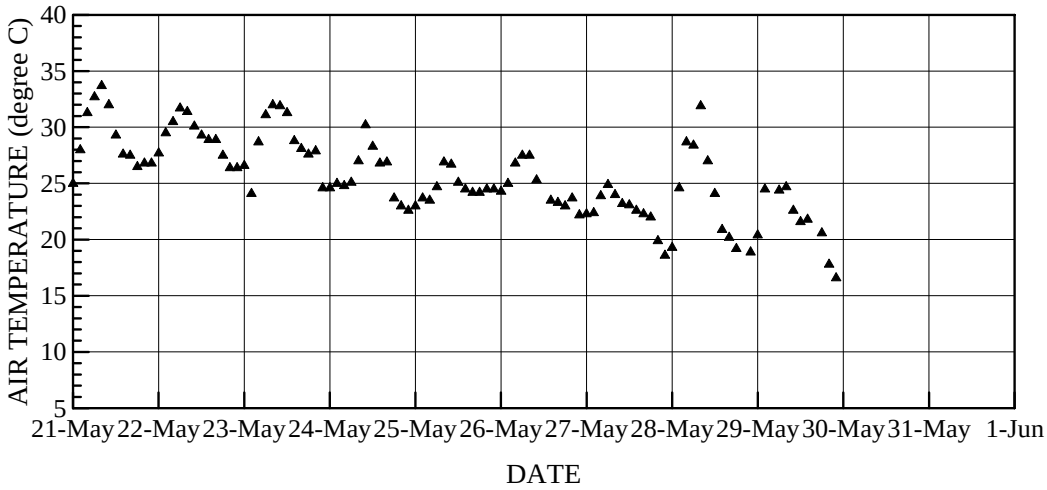




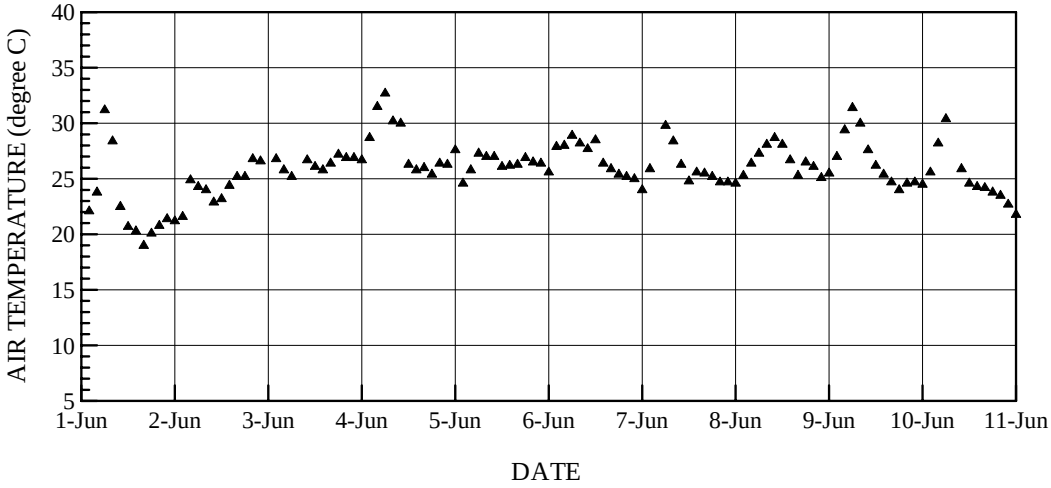
94 年 4 月氣溫時序列圖

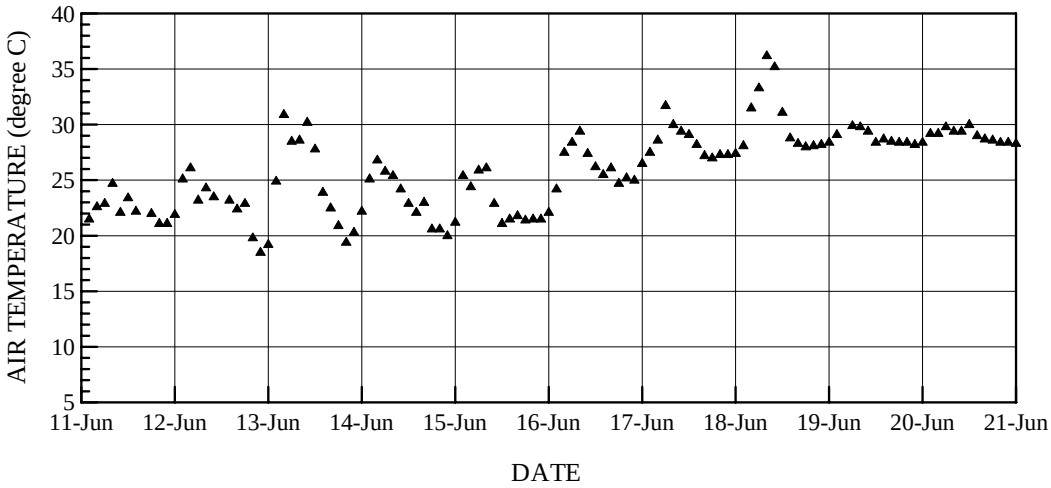


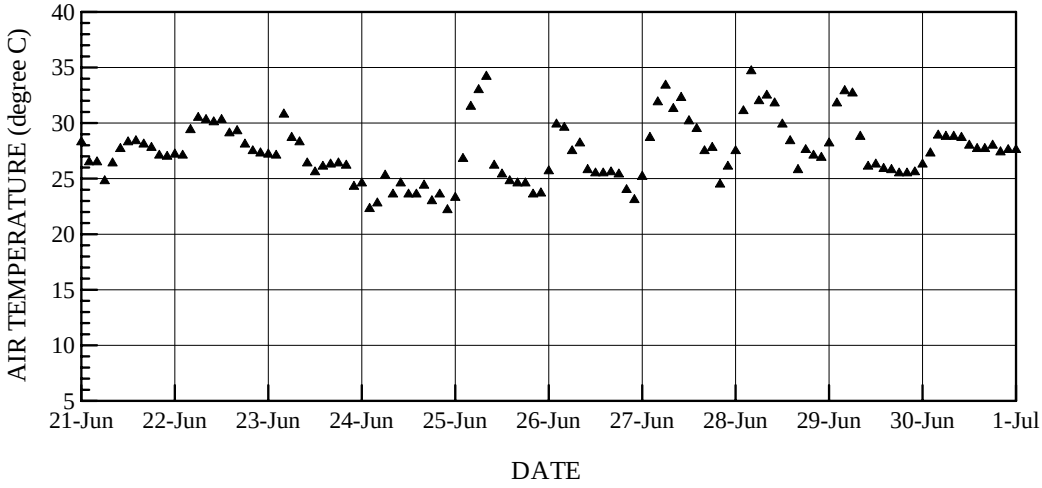




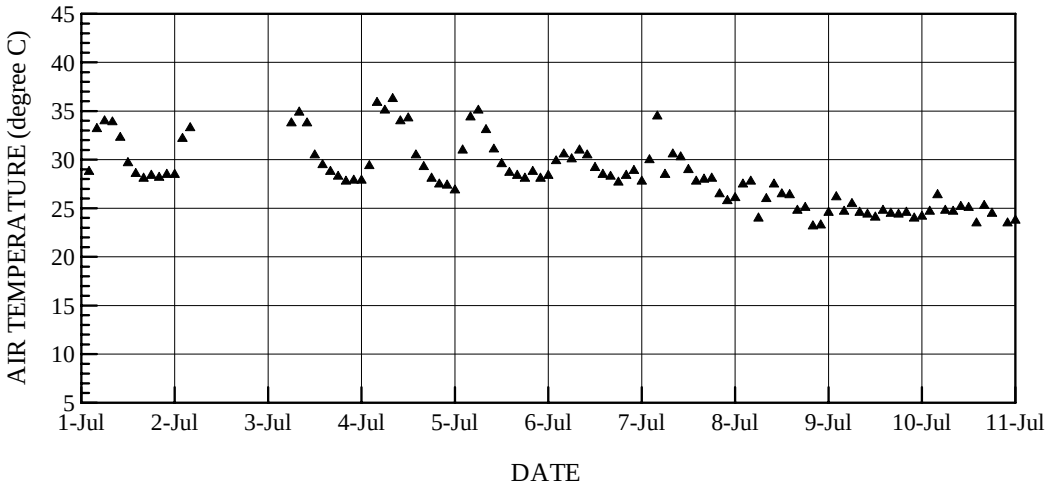
94 年 5 月氣溫時序列圖

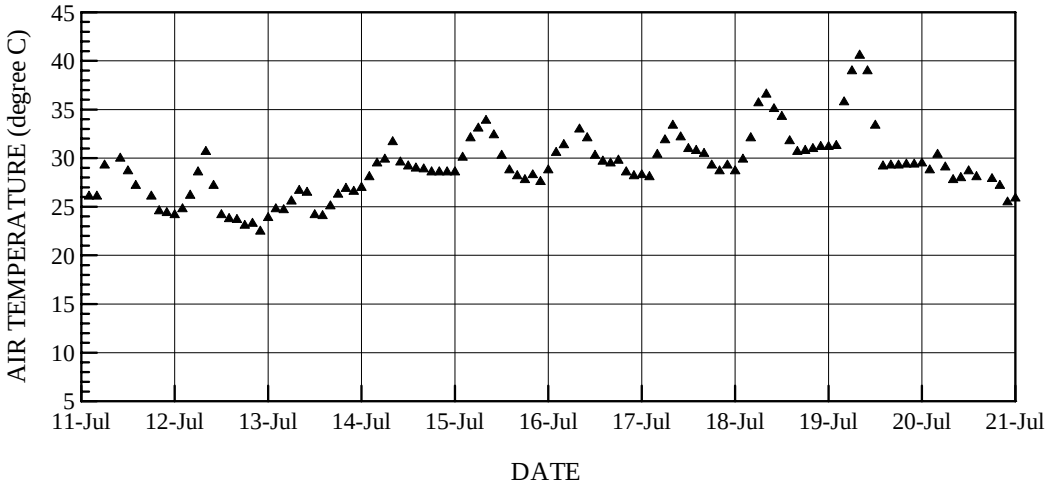


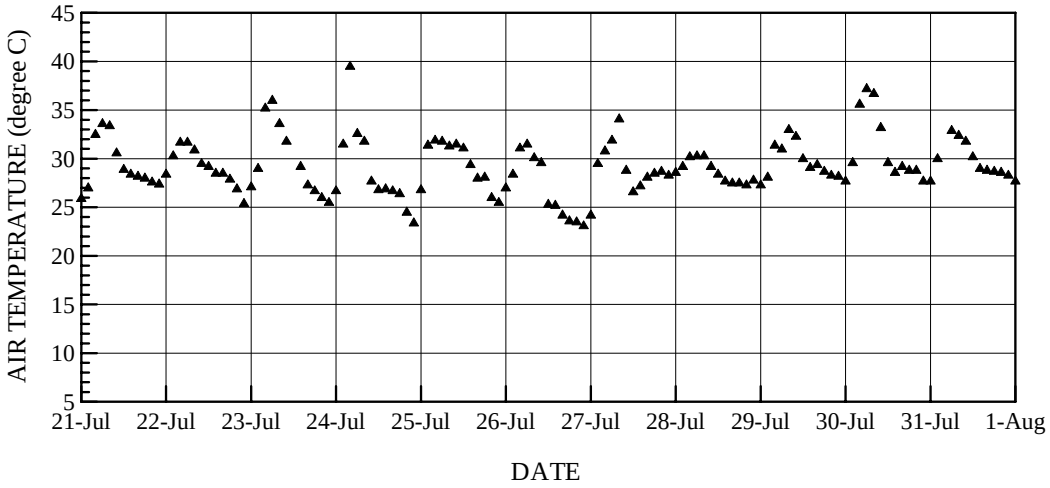




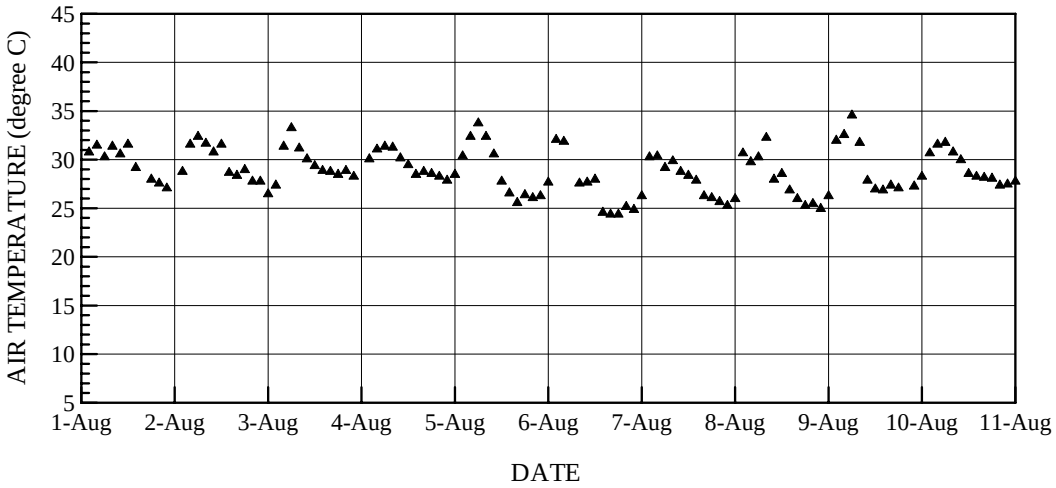
94 年 6 月氣溫時序列圖

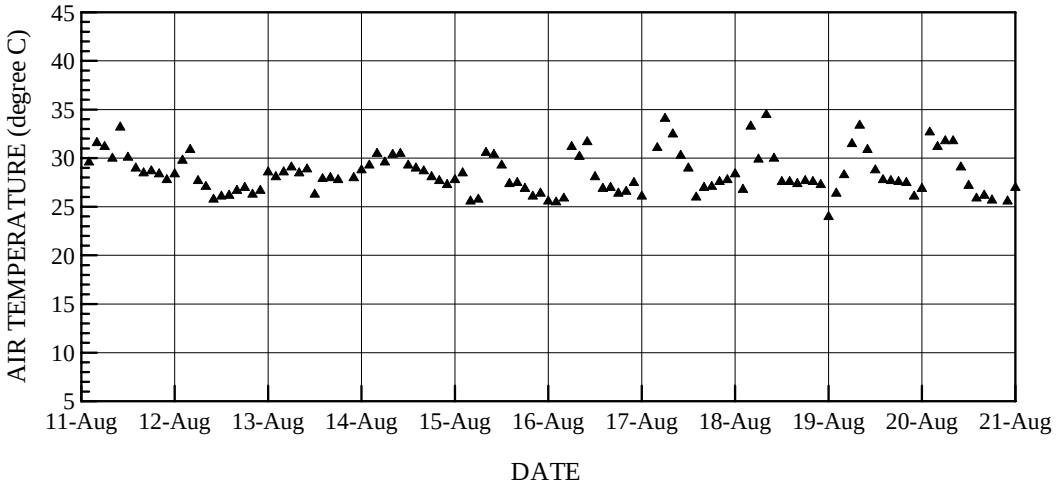


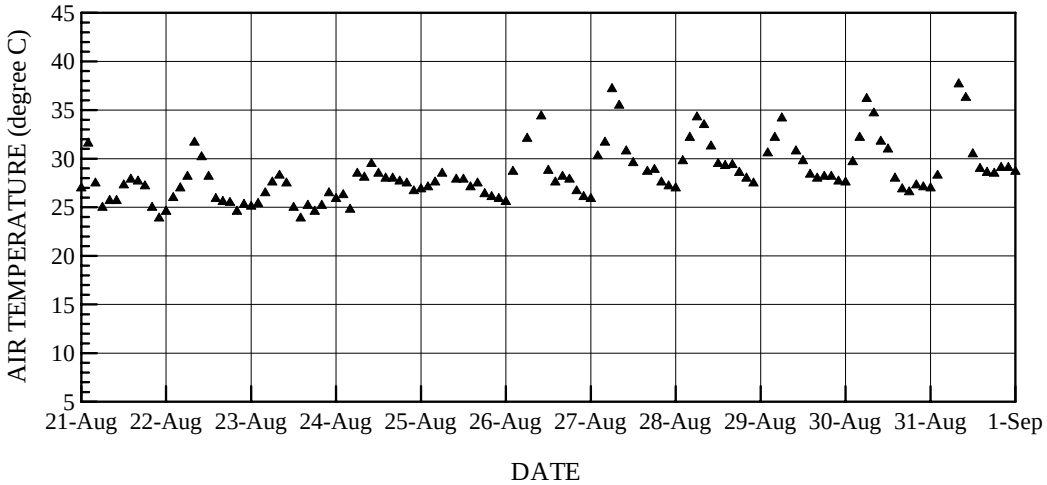




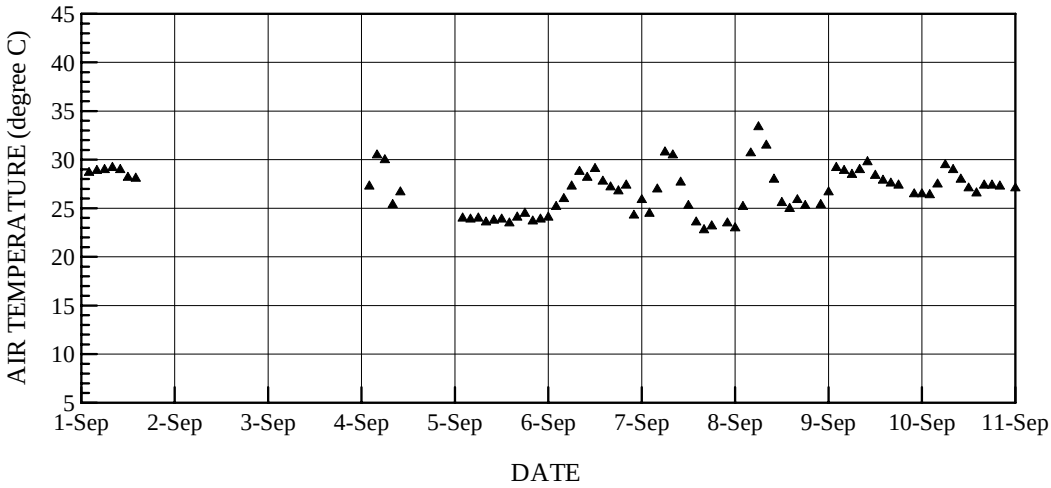
94 年 7 月氣溫時序列圖

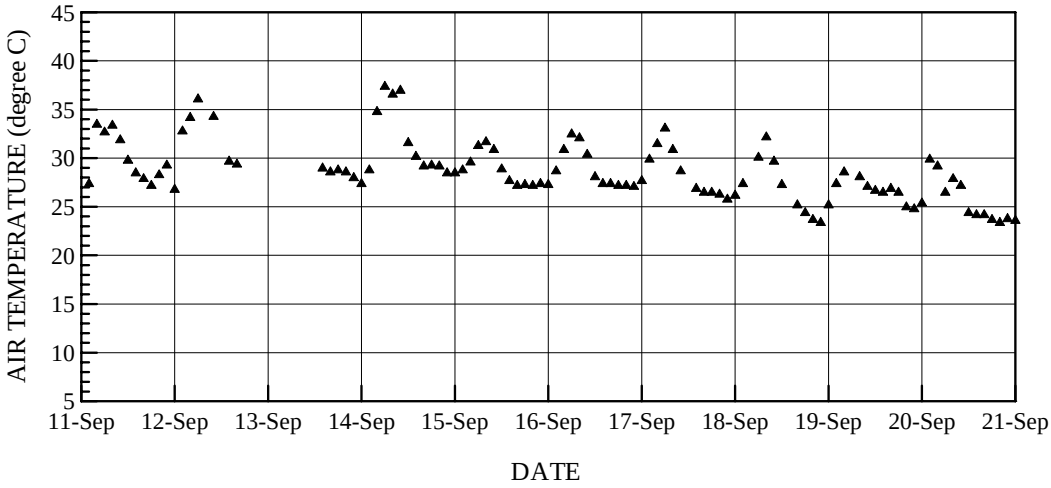


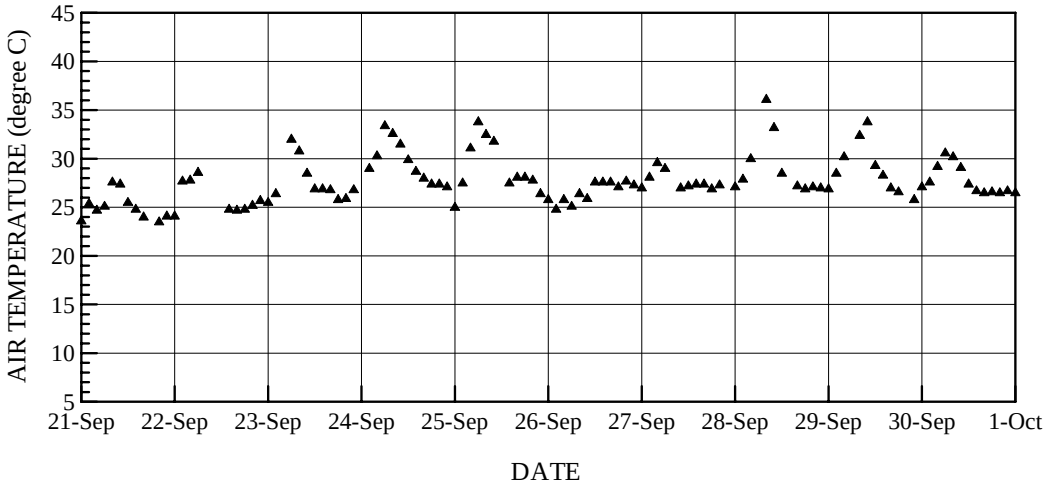




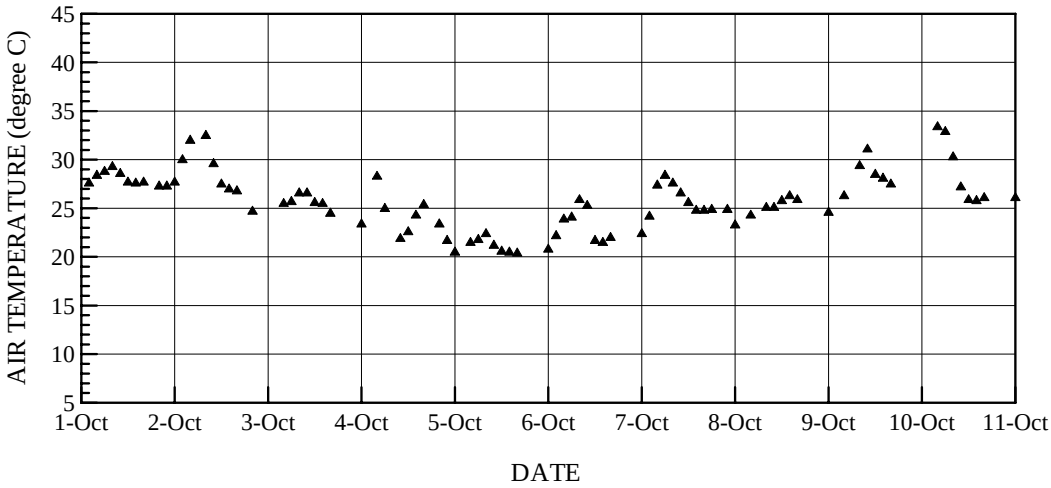
94 年 8 月氣溫時序列圖

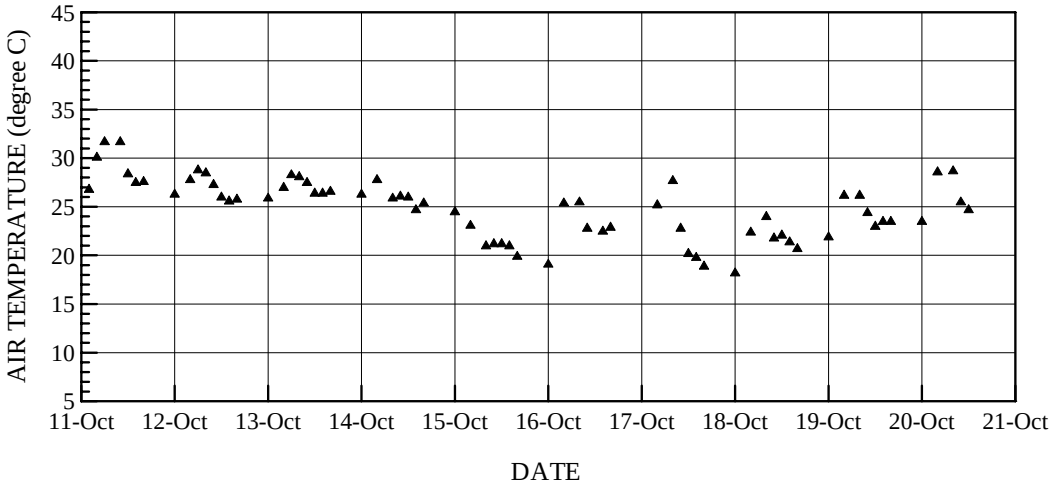


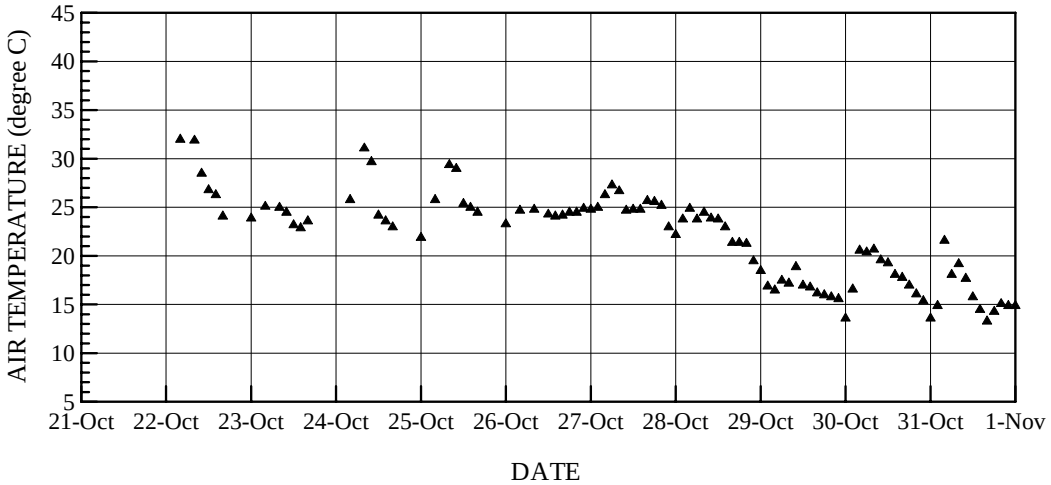




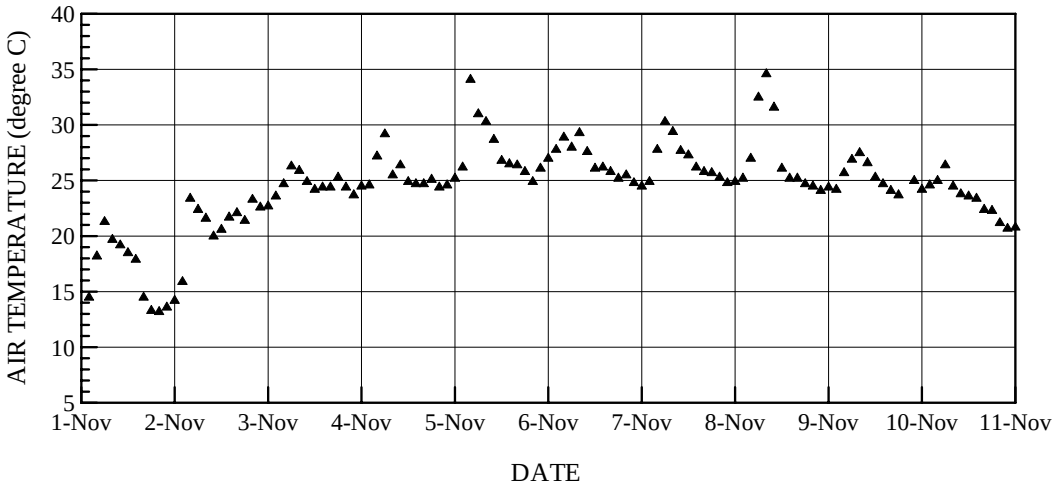
94 年 9 月氣溫時序列圖

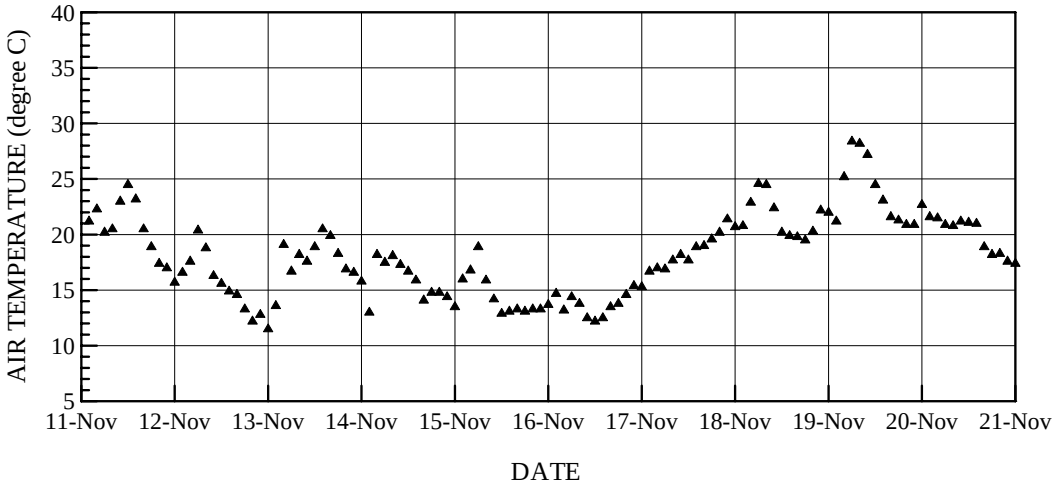


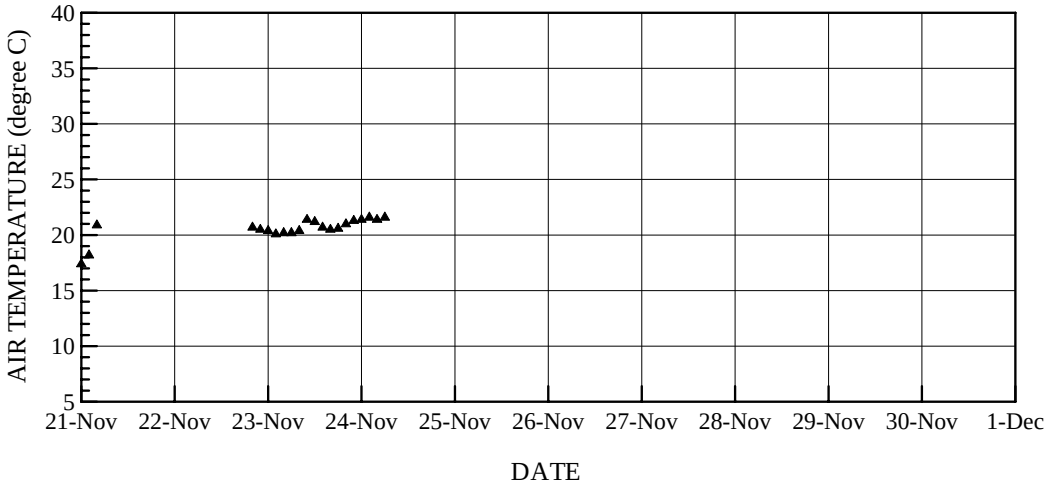




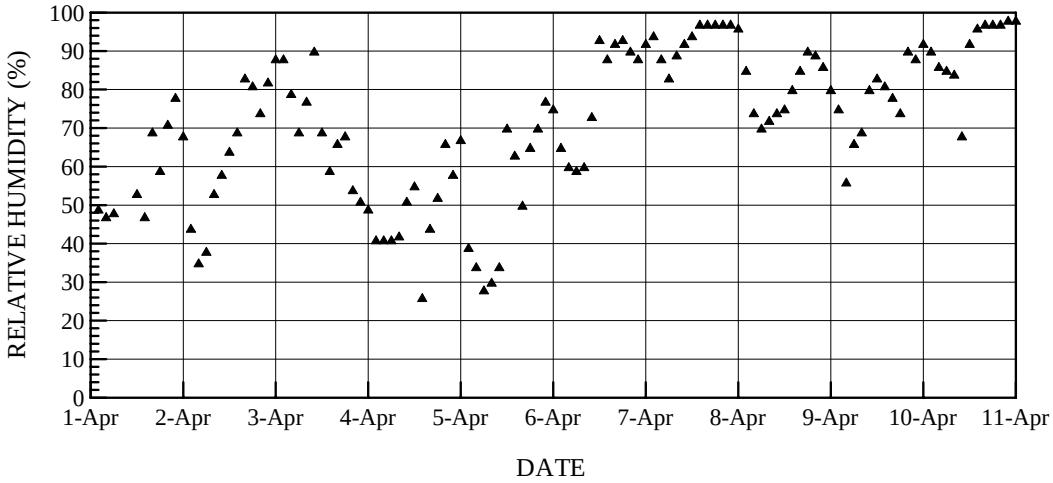
94 年 10 月氣溫時序列圖

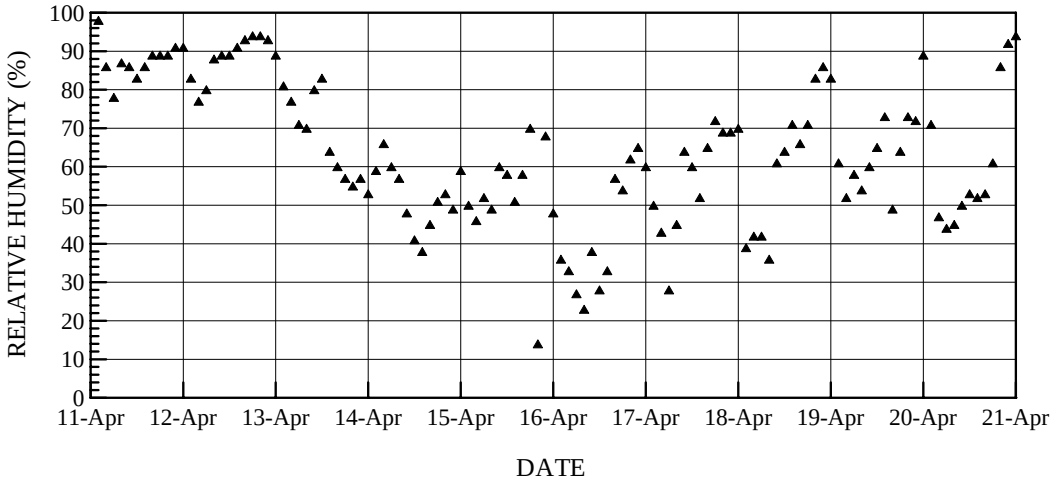


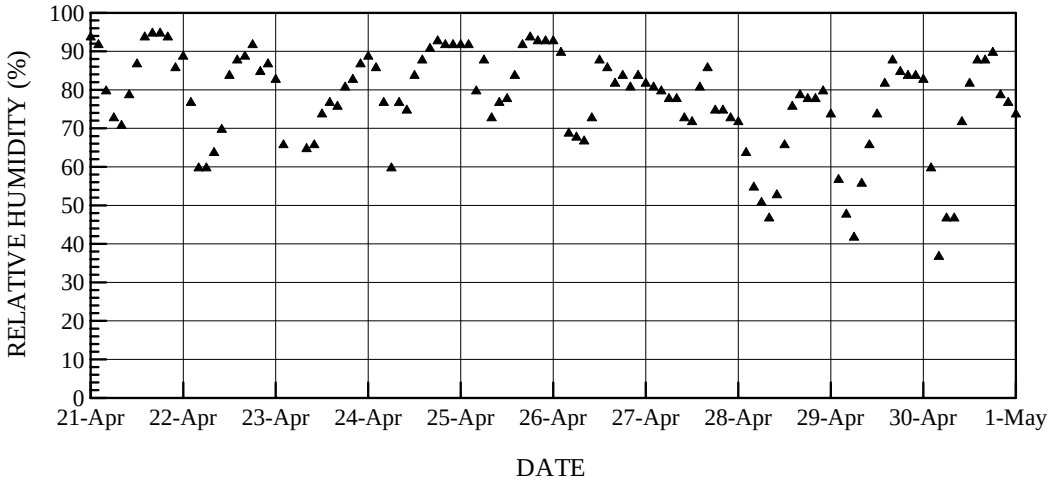




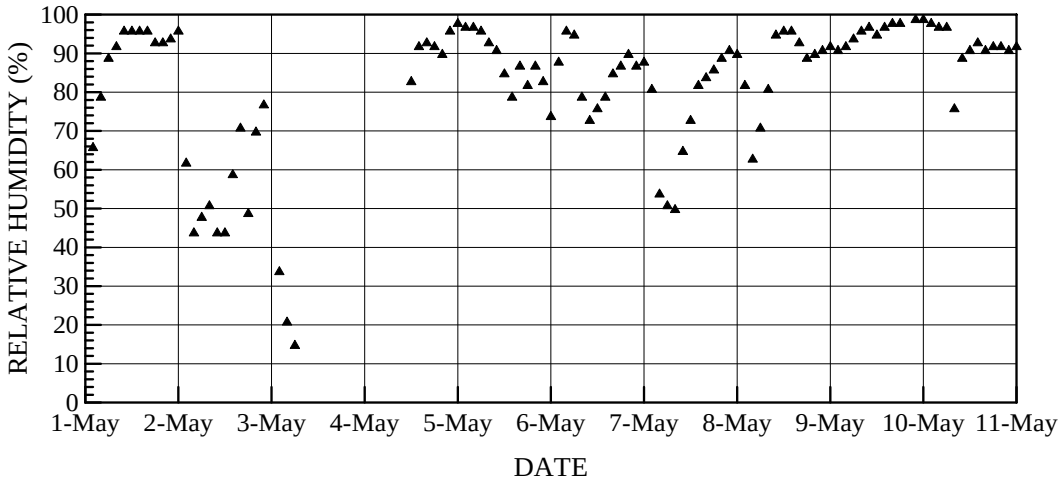
94 年 11 月氣溫時序列圖

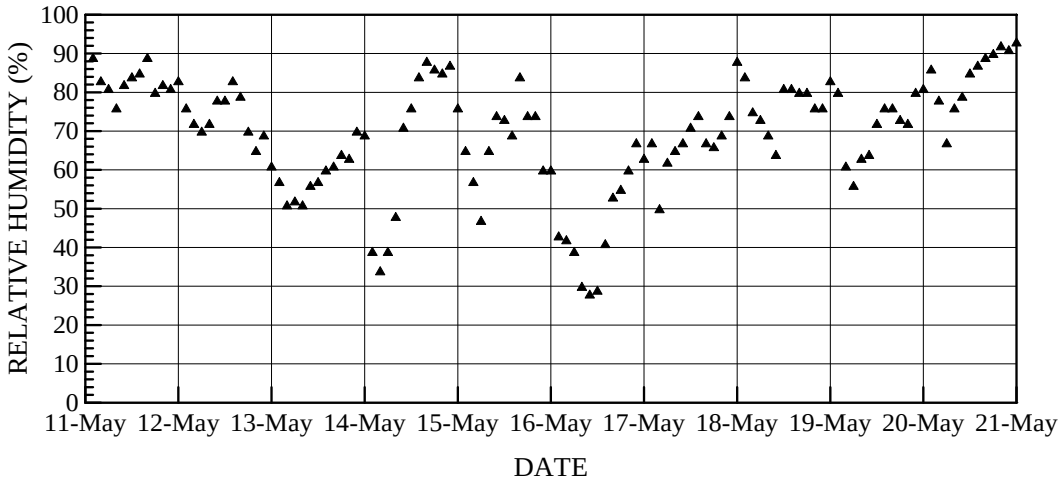


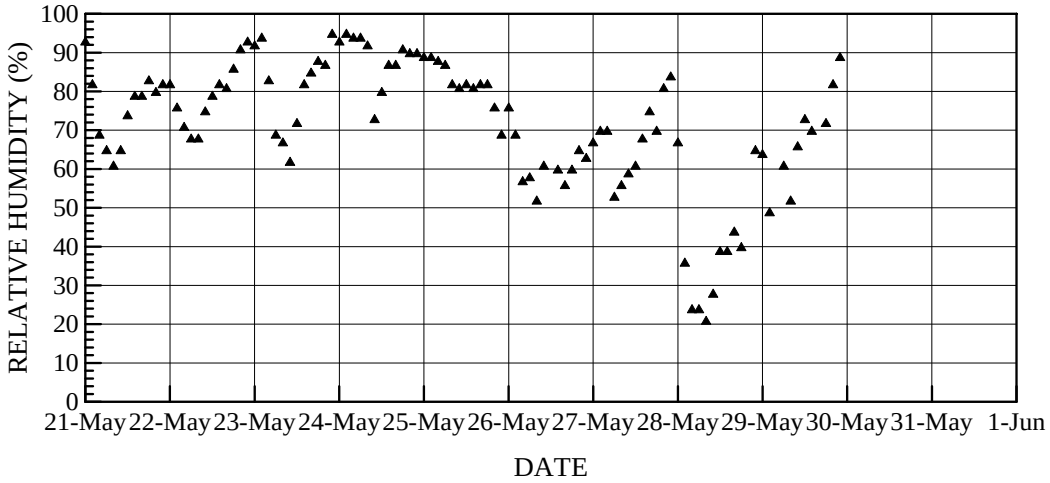




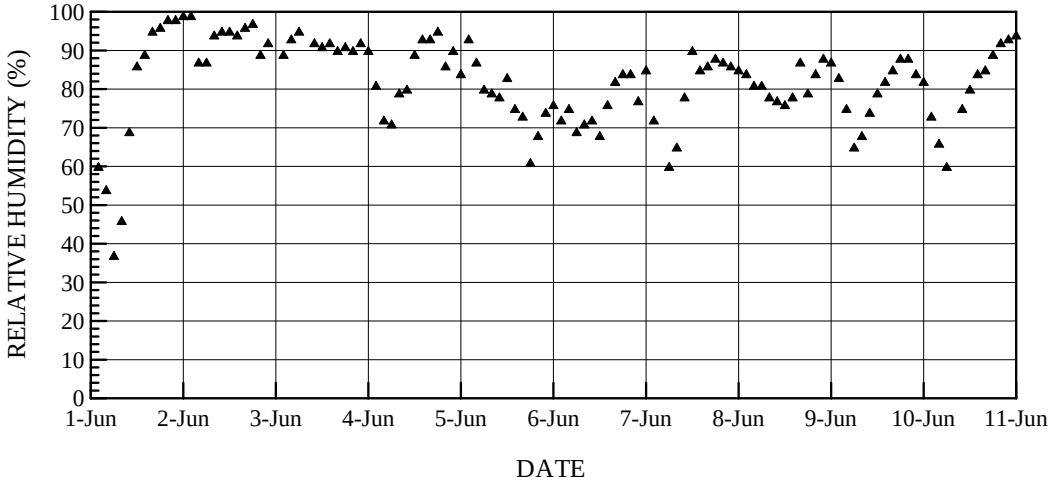
94 年 4 月相對溼度時序列圖

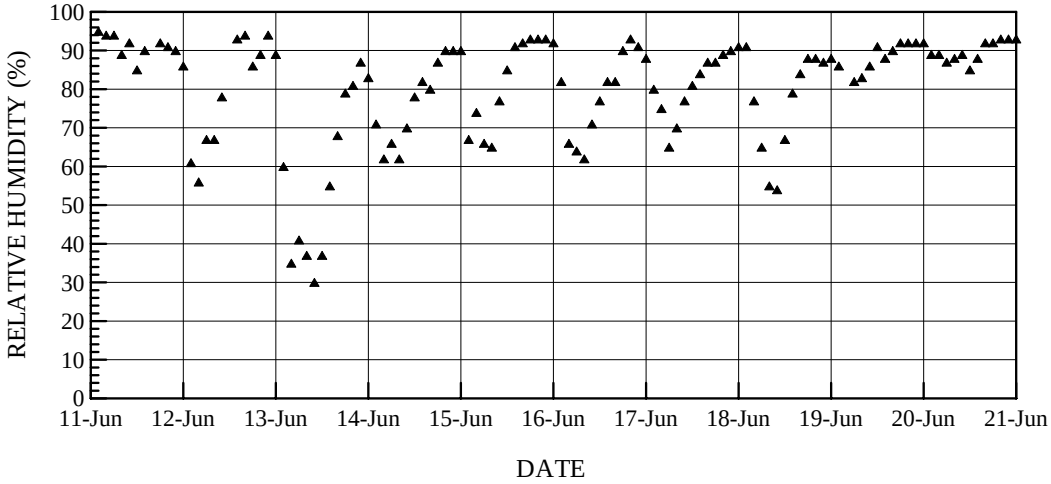


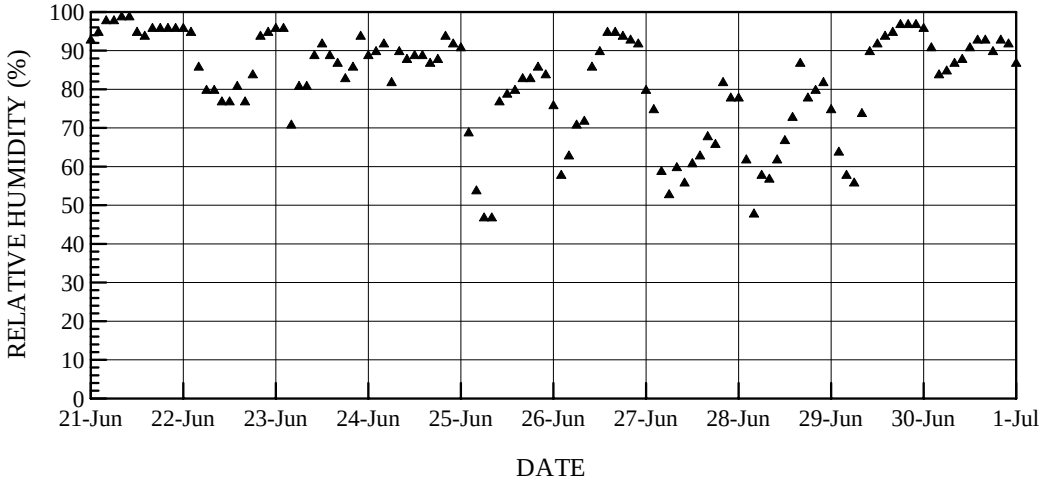




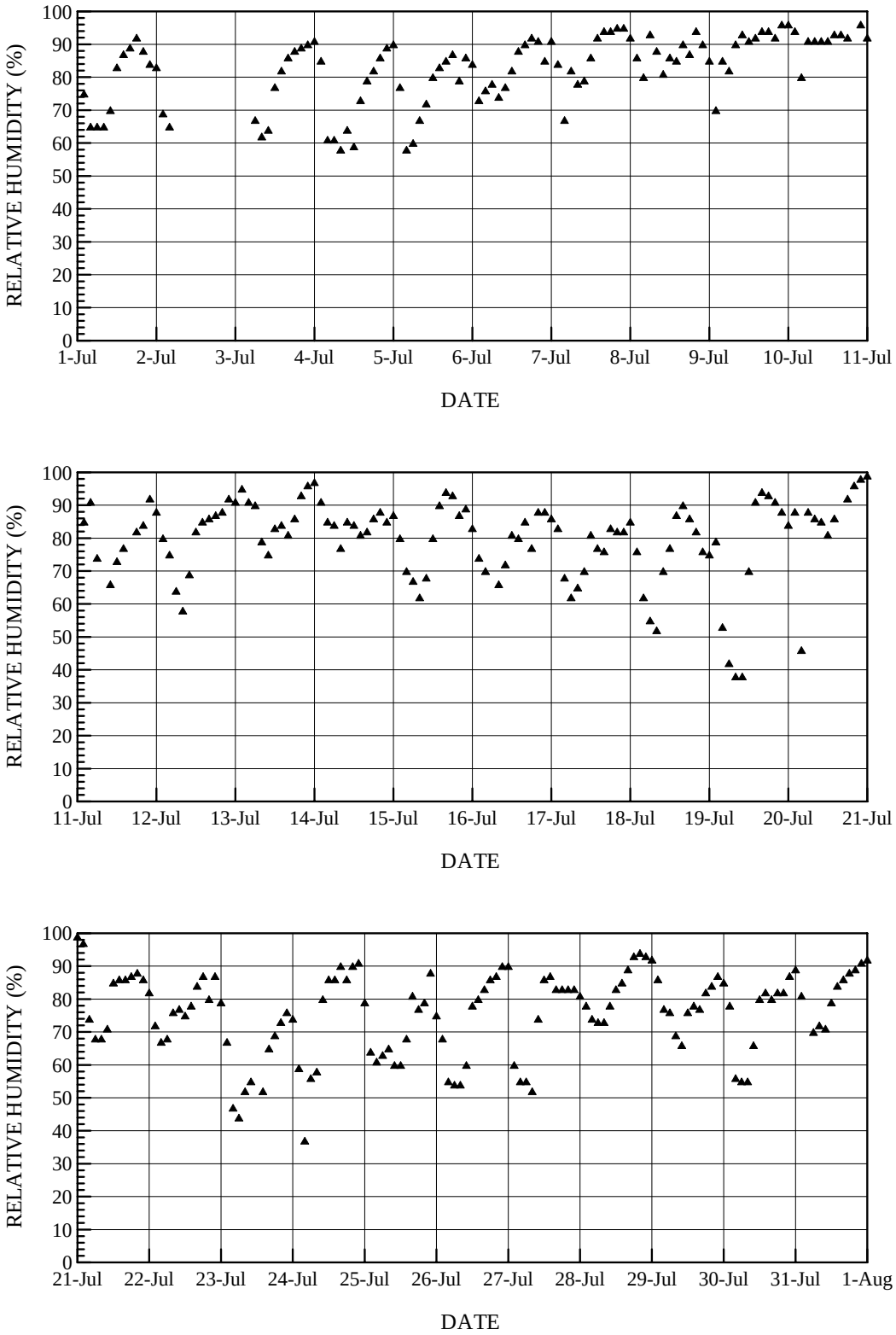
94 年 5 月相對溼度時序列圖



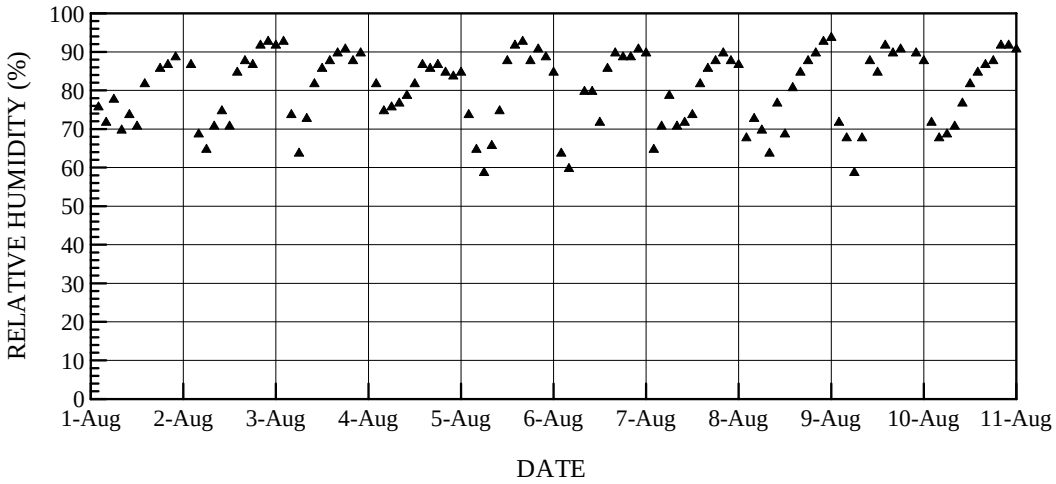


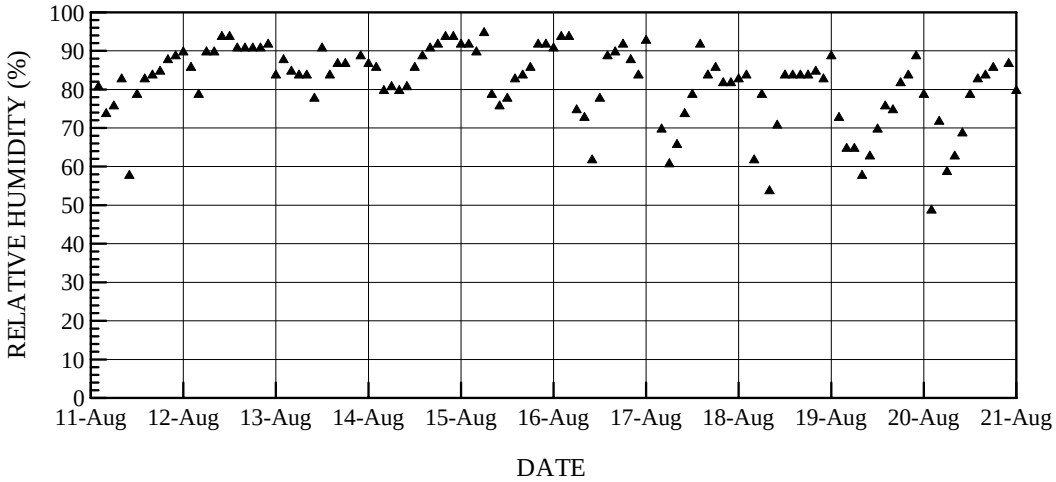


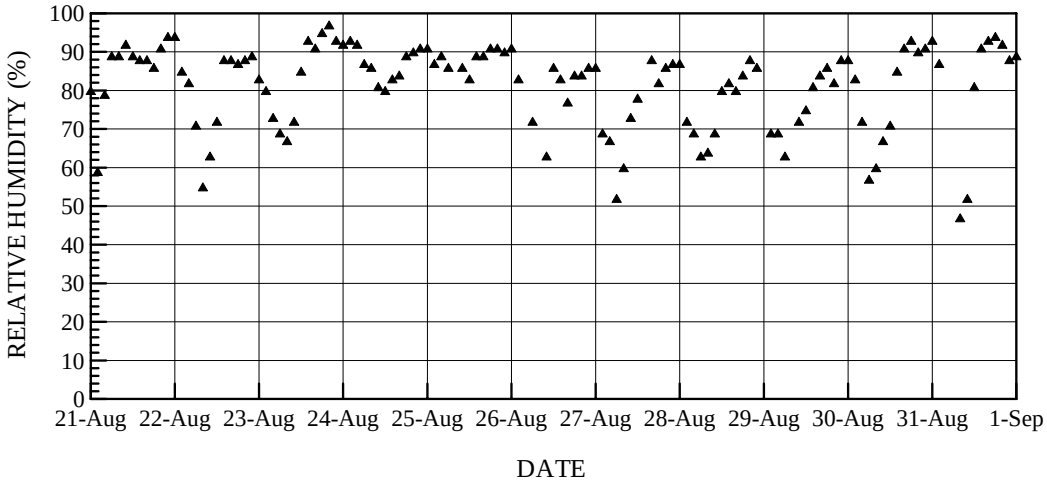
94 年 6 月相對溼度時序列圖



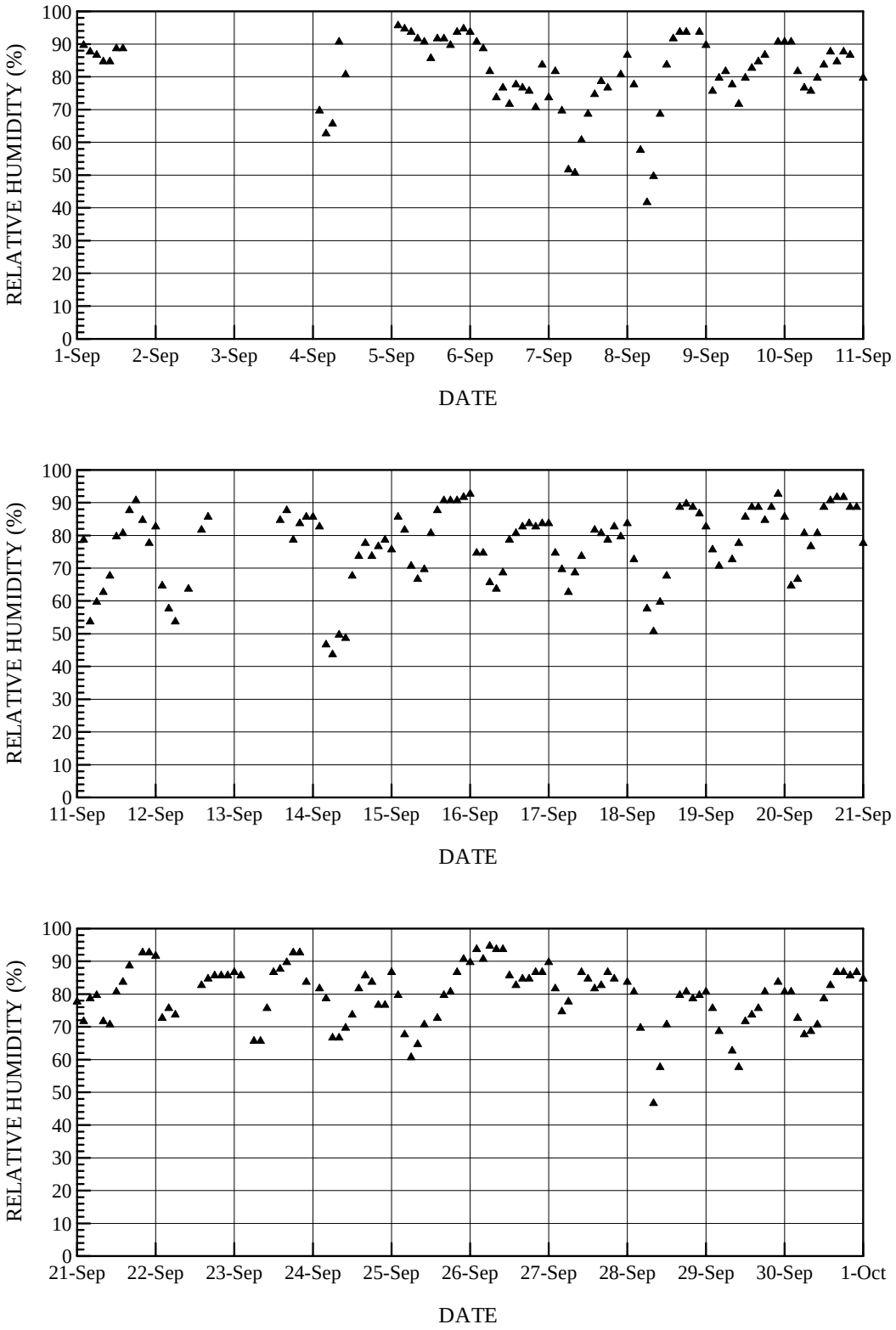
94 年 7 月相對溼度時序列圖



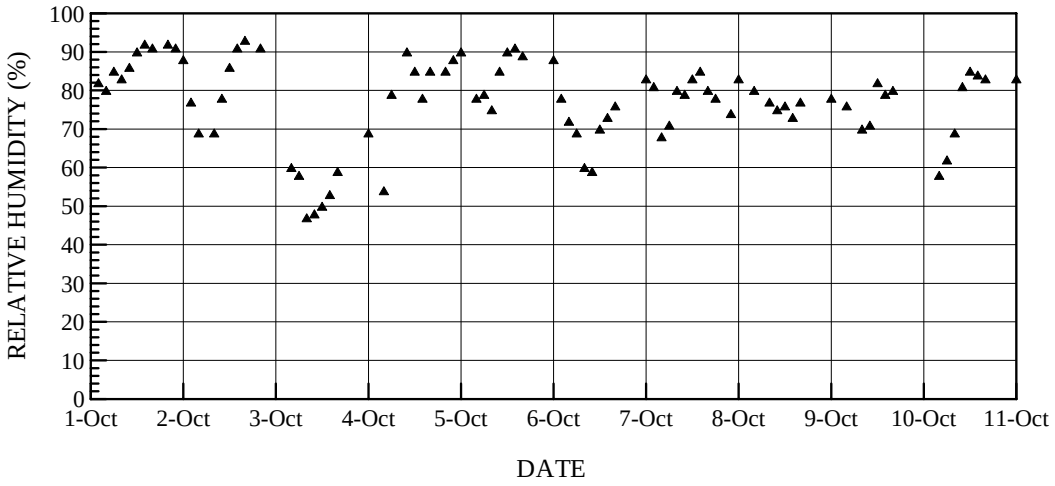


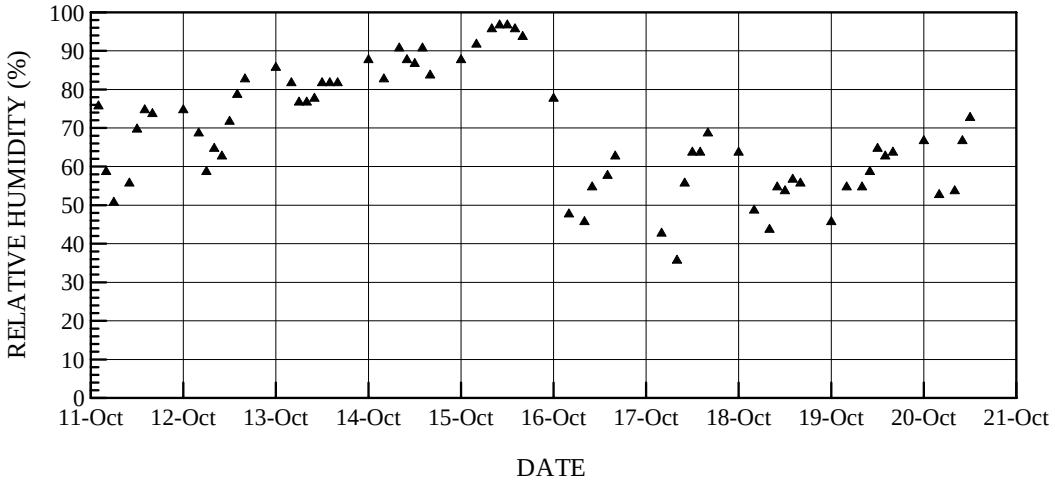


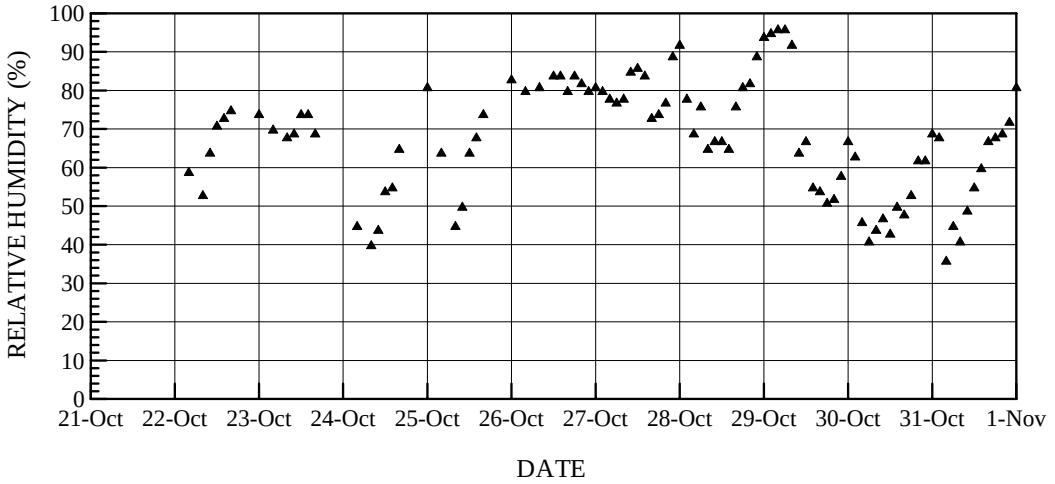
94 年 8 月相對溼度時序列圖



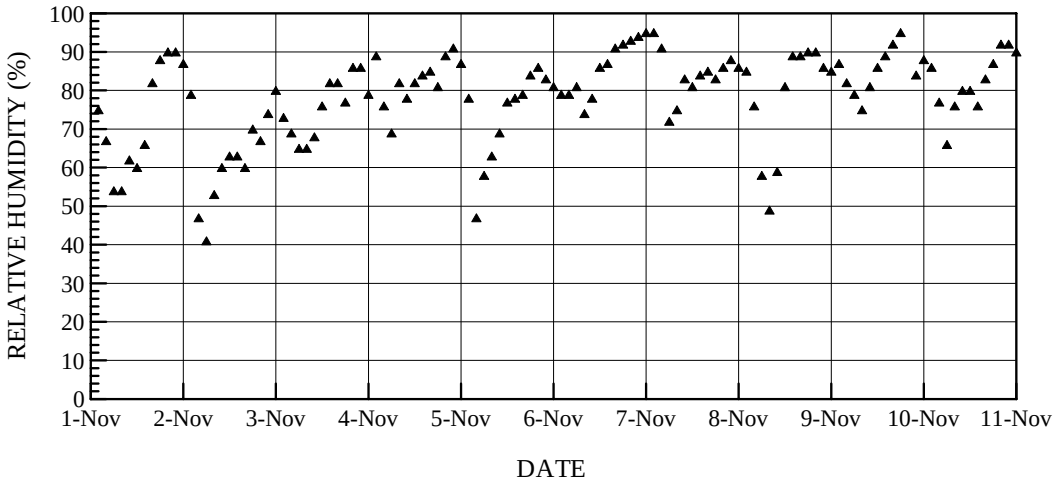
94 年 9 月相對溼度時序列圖

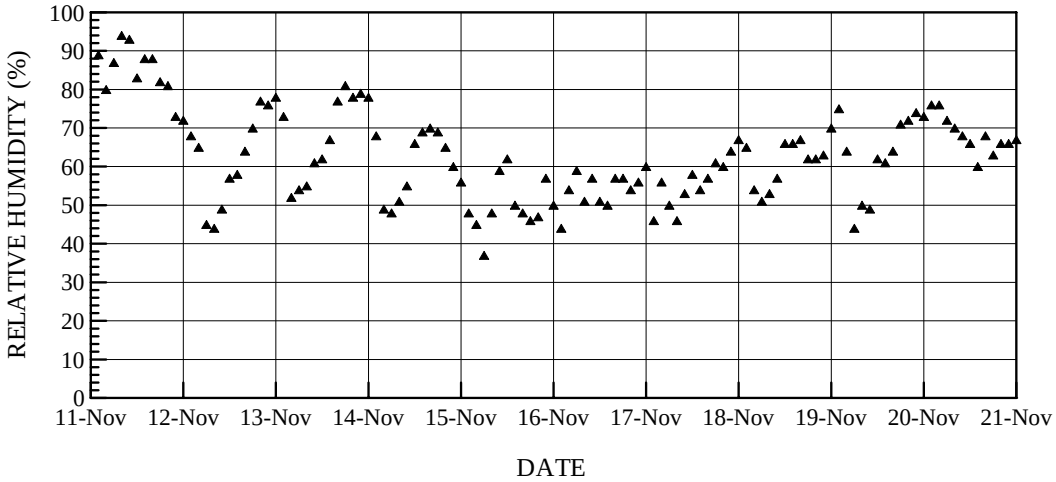


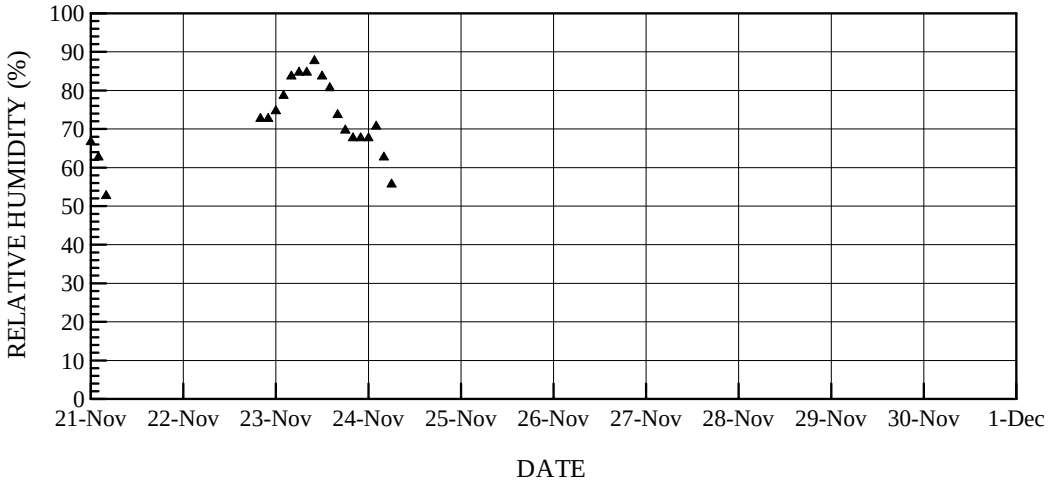




94 年 10 月相對溼度時序列圖

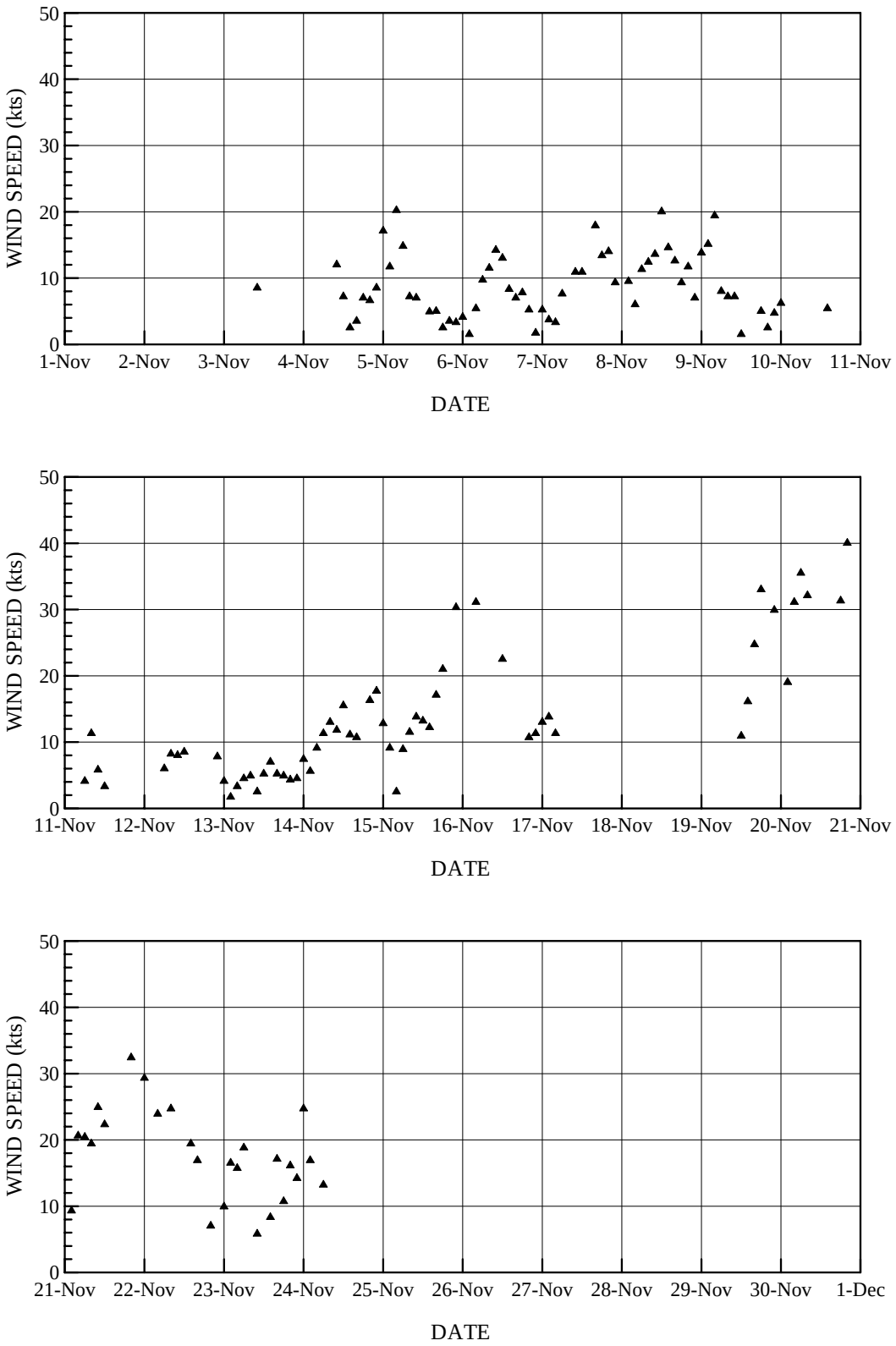




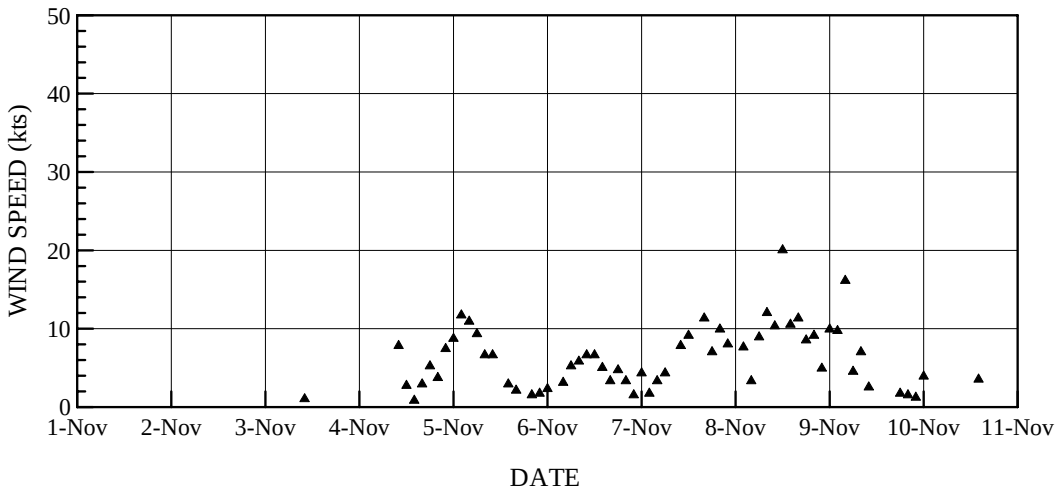


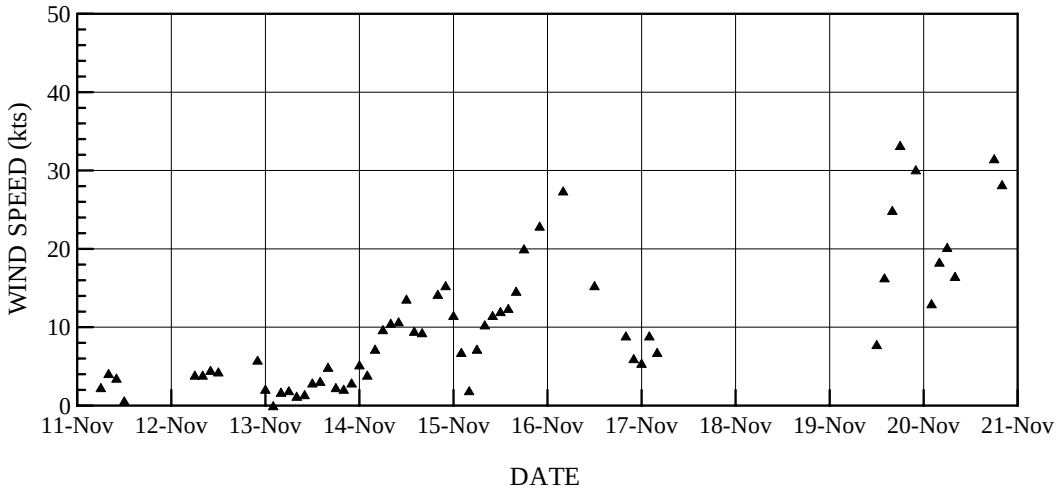
94 年 11 月相對溼度時序列圖

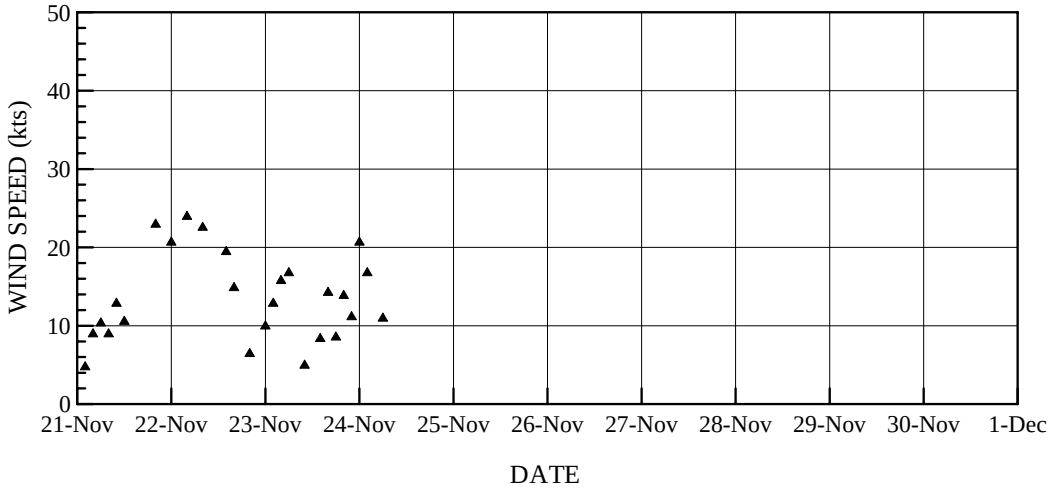
航明輪 94 年 11 月海氣象觀測資料



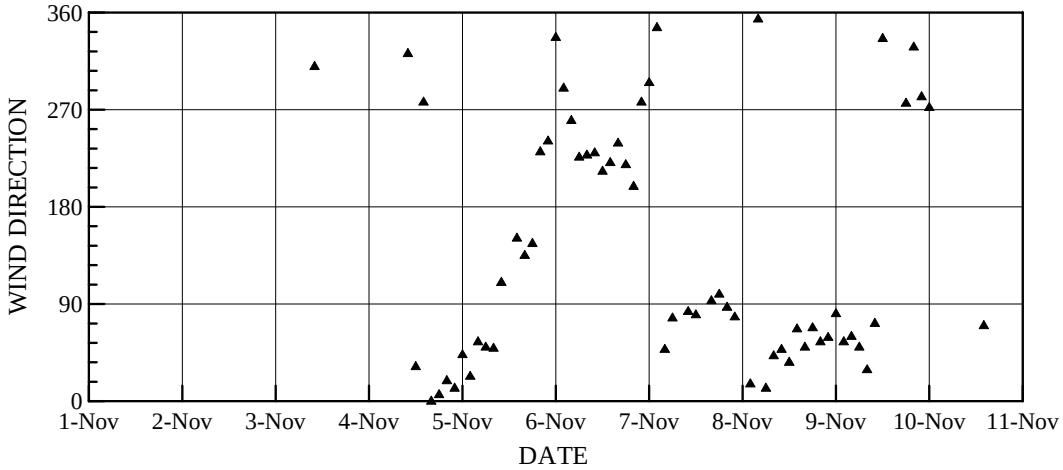
94 年 11 月陣風時序列圖

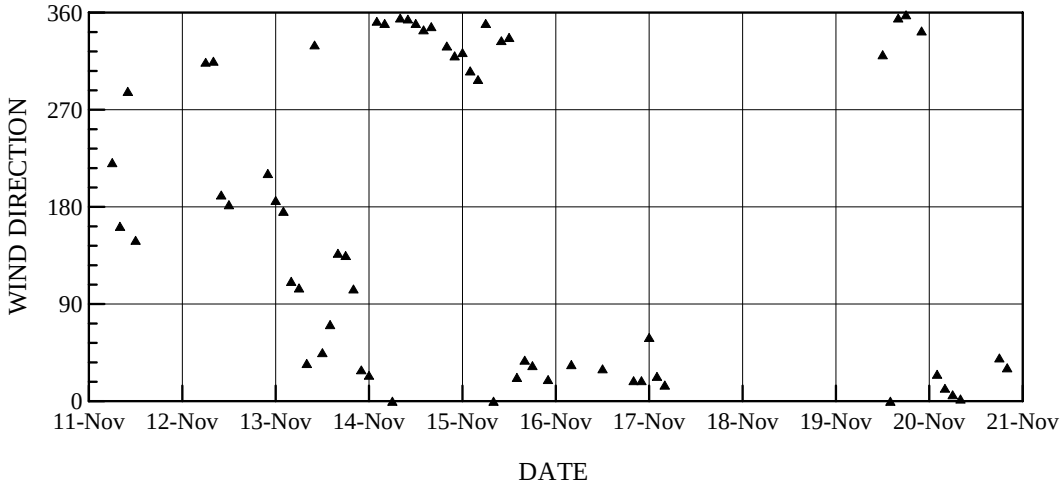


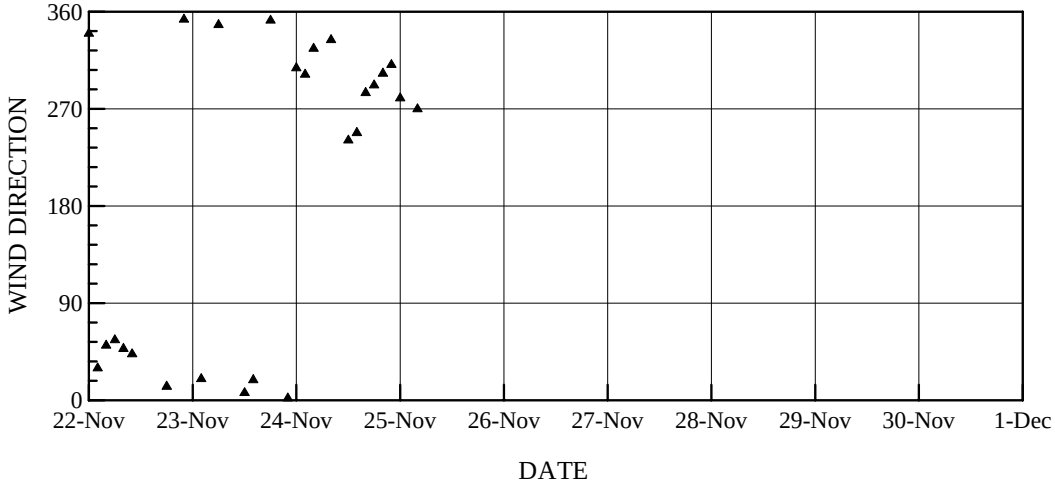




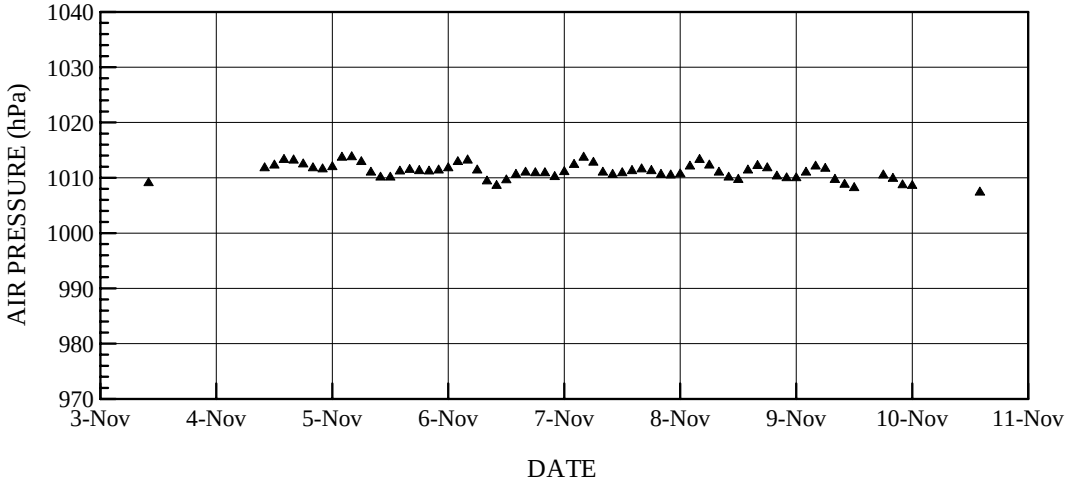
94 年 11 月平均風速時序列圖

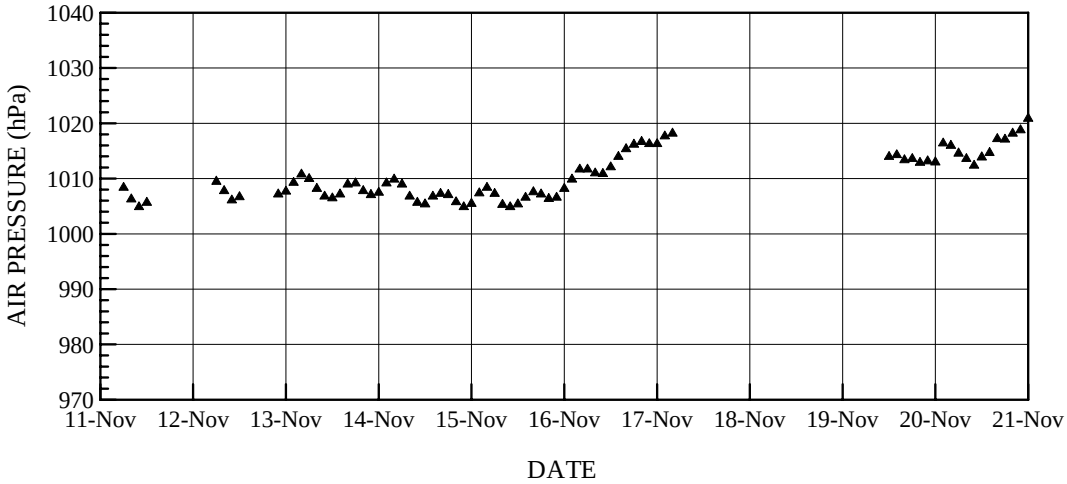


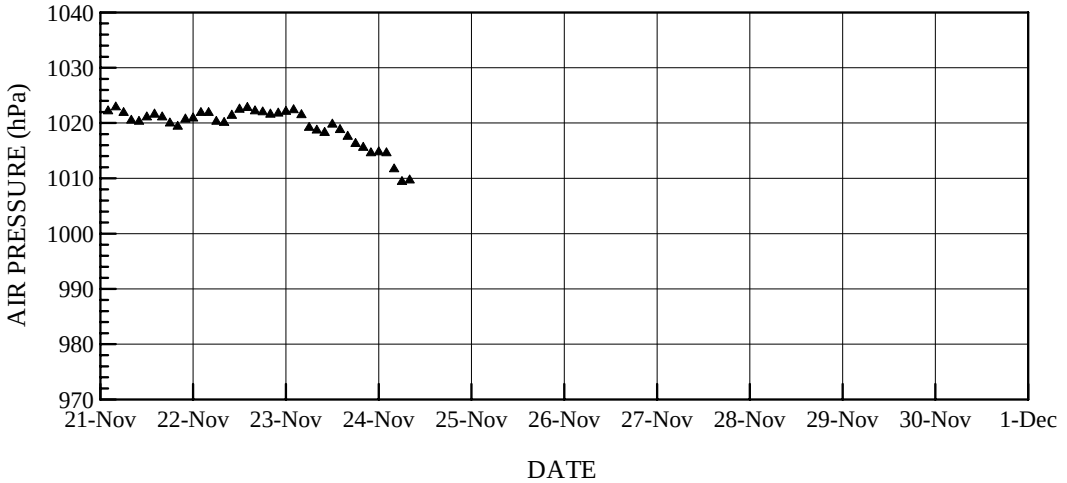




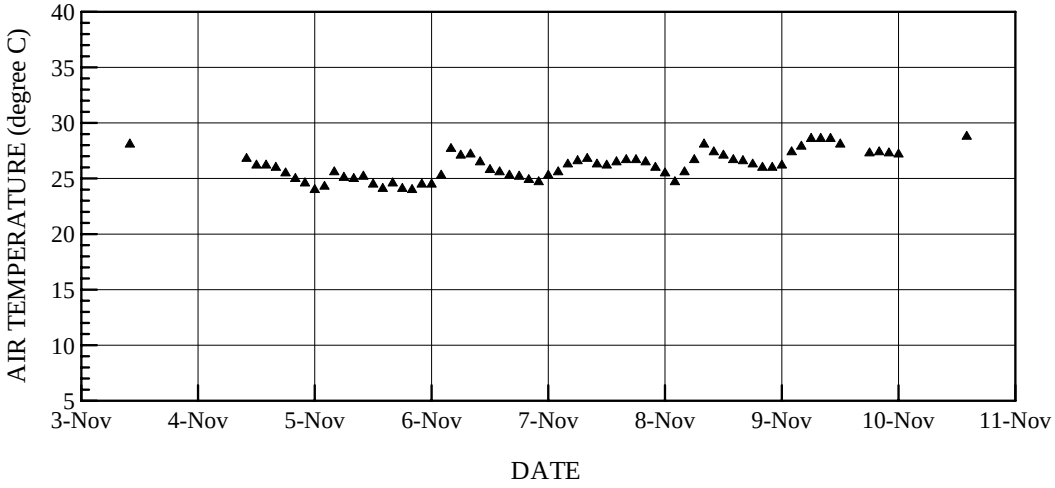
94 年 11 月風向時序列圖

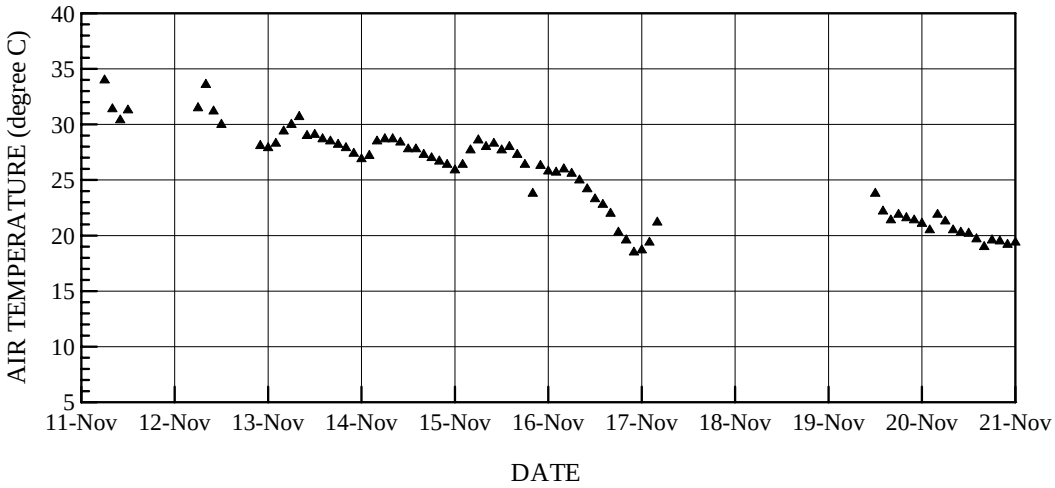


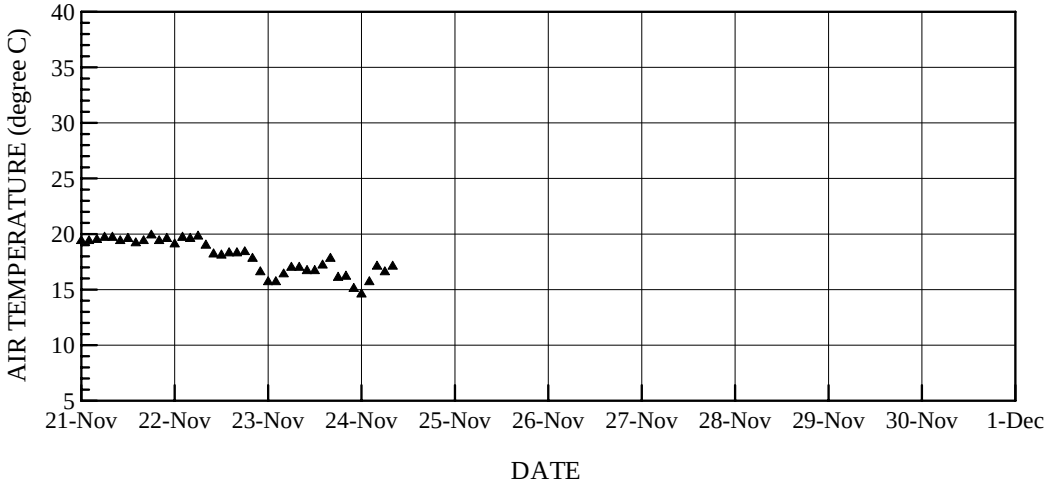




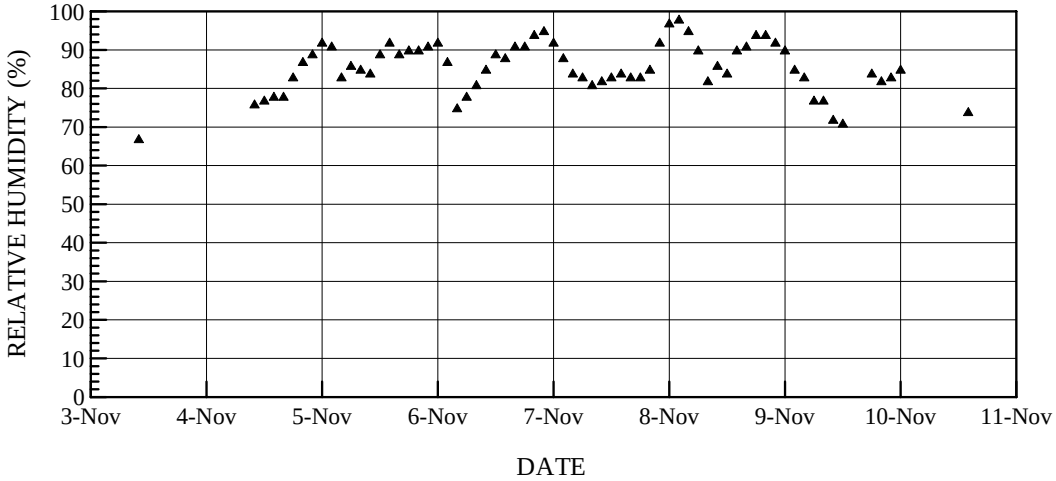
94 年 11 月氣壓時序列圖

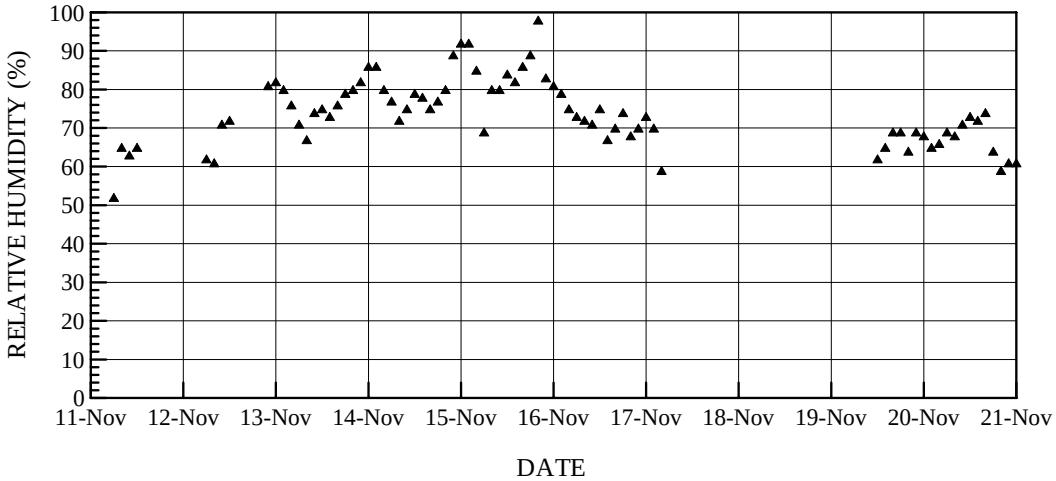


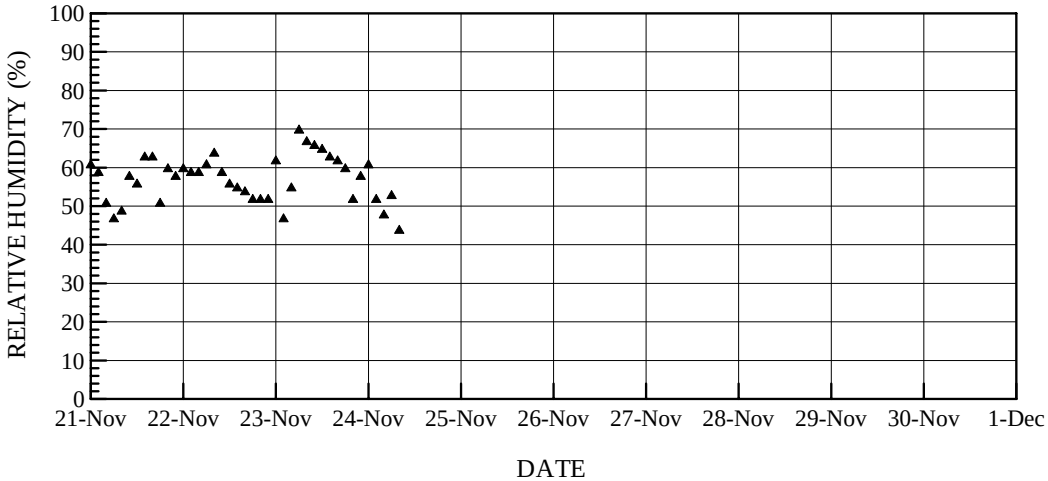




94 年 11 月氣溫時序列圖







94 年 11 月相對溼度時序列圖