

中 華 民 國

臺灣地區氣候變化之分析與評估

1994

目錄

本報告係交通部中央氣象局為配合撰寫“氣候變化綱要公約國家報告”
提供經濟部能源委員會之第一號說明文件
中華民國八十三年十月

中 華 民 國

臺灣地區氣候變化之分析與評估

1994

本報告係交通部中央氣象局為配合撰寫“氣候變化綱要公約國家報告”
提供經濟部能源委員會之第一號說明文件
中華民國八十三年十月

中 華 民 國

臺灣地區氣候變化之分析與評估

1994

中央氣象局配合撰寫“氣候變化綱要公約國家報告”工作小組

召集人：鄭明典

聯絡人：蕭長庚

組 員：徐月娟 張迦勒 白文星 廖述宏 陳孟青 蕭長庚

張修武 陳圭宏 陳正收 陳明志 李尚武 盛修慧

目 錄

	頁次
目 錄	I
圖目錄	II
表目錄	III
一、 前 言	1
二、 處理經過	4
三、 資料分析與評估	
3.0 環境資料綜合分析	5
3.1 海平面上升對暴潮特性的影響	11
3.2 臺灣地區氣候資料之分析	
3.2.1 一般氣象資料之分析	29
3.2.2 二氧化碳及其他溫室氣體資料之分析	40
3.3 大氣增溫型態之演變分析	42
3.4 氣象災害資料之收集與統計	44
3.5 大氣中二氧化碳倍增環境下大氣環流之改變	48
四、 結 論 -- 未來氣候特性研判	58
五、 附 錄	
5.1 全球暖化連帶的海平面上升議題分析	附 1-
5.2 臺灣地區氣候變化與大氣環流之相關	附 2-
5.3 臺灣地區近百年來氣候之變化	附 3-
5.4 臺灣地區氣象災害之分析	附 4-

圖 目 錄

		頁次
圖一	臺灣之氣候分類	7
圖二	基隆港平均海水位變化圖	14
圖三	基隆港與高雄港平均海水位變化圖	15
圖四	提姆颱風最佳路徑圖	16
圖五	成功及東石潮位站在提姆颱風期間觀測之海水位與調和分析法 預測之天文潮潮位比較圖	17
圖六	天文潮及暴潮模式在成功及布袋附近預測的海水位變化圖	19
圖七	海水位上升一公尺對模式在成功及布袋附近預測的海水位比較圖	21
圖八	模式預報至72小時臺灣海域內水位及流速分布圖	23
圖九	模式預報至78小時臺灣海域內水位及流速分布圖	26
圖十	世界各地測站年平均氣溫逐年變化及其九年移動平均趨勢圖	31
圖十一	世界各地測站年總降水量逐年變化及其九年移動平均趨勢圖	35
圖十二	臺北及恆春氣象站年平均氣溫及年總降水量預估至2100年之趨勢	39
圖十三	歷年颱風侵臺次數及預估至2100年之趨勢	39
圖十四	從南極冰核中量得的過去1000年的二氧化碳濃度	50
圖十五	1958年以後南北半球的二氧化碳月平均濃度	50
圖十六	六種 IS92 與 WEC 濃度模擬結果及比較	51
圖十七	過去 220,000年的二氧化碳濃度變化(冰核中量得)	51
圖十八	GCM 所模擬出之1990年至2050年間由於溫室氣體濃度增加而 導致的溫度與降雨量改變	52
圖十九	半經驗式主觀的推測2050年溫室效應氣體倍增後臺灣地區各 區逐月平均溫度和1990年代平均值的比較	53
圖二十	半經驗式主觀的推測2050年溫室效應氣體倍增後臺灣地區各 區逐月平均降水和1990年代平均值的比較	54

表 目 錄

		頁次
表一	臺灣地區之氣候分區及相當氣象站	6
表二	臺灣地區各氣象站氣溫標準平均値	8
表三	臺灣地區各氣象站降水量標準平均値	9
表四	國內外測站位置一覽表	30
表五	歷年年氣溫及各期間降水量實測値與預估值之相關係數一覽表 ..	38
表六	溫室效應的氣體濃度	40
表七	臺灣地區近三十一年來因氣象因素導致各項災害損失金額一覽表.	46
表八	臺灣地區最近十二年來氣象災害指標	47
表九	GCM 模擬1990與2050年各氣象要素的結果	55
表十	GCM 模擬1990與2050年各氣象要素的冬夏差異	55
表十一	不同月份之氣候要素(溫度、降水)與大尺度環流因子間的關係.	56
表十二	推測2050年溫室效應氣體倍增後氣候因子變遷的趨勢	57
表十三	各地年平均氣溫實測値及 2000-2100年每十年估計値一覽表	59
表十四	各地一至二月累積降水量實測値及其每十年之估計値一覽表	60
表十五	各地三至四月累積降水量實測値及其每十年之估計値一覽表	61
表十六	各地五至六月累積降水量實測値及其每十年之估計値一覽表	62
表十七	各地七至十月累積降水量實測値及其每十年之估計値一覽表	63
表十八	各地十一至十二月累積降水量實測値及其每十年之估計値一覽表.	64
表十九	侵臺颱風頻率及其未來每十年之預估	65

一、前言

氣候變化是顯示環境變遷最明顯的指標之一，一九八八年聯合國大會即認同氣候變遷是全人類共同的事務。同年世界氣象組織(WMO)及聯合國環境計畫(UNEP)成立氣候變化政府間討論小組(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)負責評估氣候變遷的科學證據、衝擊、可能的防治與適應措施，並規劃預測模型。

我國目前雖非聯合國會員國，但為積極參與國際間事務，因此努力多方蒐集資訊，採取同步作業方式，成立「行政院對外工作會報全球變遷工作小組」進行工作分組之任務與分工。經濟部能源委員會是負責撰寫「氣候變化綱要公約國家報告」之工作分組召集單位，中央氣象局為配合撰寫該報告特提出本說明文件。

配合撰寫「氣候變化綱要公約國家報告」，中央氣象局曾參與之有關會議及其相關結論列如下：

- * 經濟部能源委員會於民國八十二年四月九日召開『研商氣候變化綱要公約國家報告相關事宜會議』，研擬氣候變遷適應策略研究內容。
- * 行政院對外工作會報全球環境變遷工作小組於民國八十二年八月二十日開『行政院對外工作會報全球環境變遷工作小組八十三年度第一次委員會議』，能源委員會建議「適應」方面工作由行政院環保署統籌規劃。
- * 經濟部能源委員會於民國八十二年十月一日召開『研商氣候變化國家報告相關事宜第二次會議』。研擬相關單位配合事項。
決議 ... 國家報告之格式將予統一，請能資所研擬 ... 我國國家報告可分二階段提出，第一階段於一九九四年底提出初稿，向國際相關組織表徵我國在此方面之努力。
... 中央氣象局配合辦理之工作項目 -- 臺灣地區海平面上升及氣候變化預測 (時程 -- 82.7. - 85.12)

分項工作	實施方法	目標及預期效益
海水面上升研判	綜合各大氣環流模型(GCM)對本區的模擬結果，研判至2100年海水上升幅度，以及不確定因素的評估 前述海水面上升情況下的暴潮特性分析	研訂氣候變化及海平面上升幅度等政策指標，作為各部會衝擊評估的依據
氣候變化特性研判	分析未來五十年的天氣系統、降雨型態等氣候特性	

一、前言

氣候變化是顯示環境變遷最明顯的指標之一，一九八八年聯合國大會即認同氣候變遷是全人類共同的事務。同年世界氣象組織(WMO)及聯合國環境計畫(UNEP)成立氣候變化政府間討論小組(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)負責評估氣候變遷的科學證據、衝擊、可能的防治與適應措施，並規劃預測模型。

我國目前雖非聯合國會員國，但為積極參與國際間事務，因此努力多方蒐集資訊，採取同步作業方式，成立「行政院對外工作會報全球變遷工作小組」進行工作分組之任務與分工。經濟部能源委員會是負責撰寫「氣候變化綱要公約國家報告」之工作分組召集單位，中央氣象局為配合撰寫該報告特提出本說明文件。

配合撰寫「氣候變化綱要公約國家報告」，中央氣象局曾參與之有關會議及其相關結論列如下：

- * 經濟部能源委員會於民國八十二年四月九日召開『研商氣候變化綱要公約國家報告相關事宜會議』，研擬氣候變遷適應策略研究內容。
- * 行政院對外工作會報全球環境變遷工作小組於民國八十二年八月二十日開『行政院對外工作會報全球環境變遷工作小組八十三年度第一次委員會議』，能源委員會建議「適應」方面工作由行政院環保署統籌規劃。
- * 經濟部能源委員會於民國八十二年十月一日召開『研商氣候變化國家報告相關事宜第二次會議』。研擬相關單位配合事項。
決議 ... 國家報告之格式將予統一，請能資所研擬 ... 我國國家報告可分二階段提出，第一階段於一九九四年底提出初稿，向國際相關組織表徵我國在此方面之努力。
... 中央氣象局配合辦理之工作項目 -- 臺灣地區海平面上升及氣候變化預測 (時程 -- 82.7. - 85.12)

分項工作	實施方法	目標及預期效益
海平面上升研判	綜合各大氣環流模型(GCM)對本區的模擬結果，研判至2100年海水上升幅度，以及不確定因素的評估 前述海平面上升情況下的暴潮特性分析	研訂氣候變化及海平面上升幅度等政策指標，作為各部會衝擊評估的依據
氣候變化特性研判	分析未來五十年的天氣系統、降雨型態等氣候特性	

* 行政院對外工作會報全球環境變遷工作小組於民國八十二年十月十九日召開『研商行政院全球環境變遷小組設置要點草案會議』

草案：... (五) 交通部負責研究瞭解臭氧層破壞及溫室效應對臺灣地區氣候變遷之影響等相關事宜 ...

* 行政院對外工作會報全球環境變遷工作小組於民國八十二年十二月二十七日召開『行政院對外工作會報全球環境變遷工作小組八十三年度第二次委員會會議』

工作報告 ... 已初步完成海面上昇預測原理及不確定性分析，將再進一步深入研究氣候變化問題。參見附錄 5.1, 5.2。

* 行政院對外工作會報全球環境變遷工作小組於民國八十三年三月三十一日召開『行政院對外工作會報全球環境變遷工作小組八十三年度第三次委員會會議』

結論 請能委會就一九九七及一九九五年報告之分工項目及時程進行研商，迅速提報本工作小組委員會。

* 經濟部能源委員會於民國八十三年六月十七日召開『研商氣候變化國家報告相關事宜第三次會議』

結論與決議

一. 請中央氣象局提前於今年十月完成「未來氣候特性研判」，並將評估報告送各單位參考，俾供進行其他方面之衝擊影響評估工作。

...

三. 有關國家環境基本資料之「基準年」統一規劃如次：

(一) 一九七〇 — 一九九〇年之趨勢值請列逐年實際值。

(二) 一九九〇 — 一九九三年請列逐年實際值，二〇〇〇年請列預估值。

(三) 二〇〇〇年以後之資料請列二〇〇〇、二〇一〇年，至於二〇二〇年或二〇三〇年則視各單位蒐集之情況儘量配合提供參考。

中央氣象局配合事項 -- 國家環境資料 -- 未來氣候特性研判

(一) 國家環境基本資料敘述

項 目	趨勢及原因/根據					備 註
	1990年	2000年	1970-1990	1990-2000	2000年以後	
氣候	◎	◎	◎	◎	◎	天氣型態(氣候系統)、氣候分區、氣溫、降水及分佈、平均海面、颱風及暴潮機率等

(二) 氣候變遷衝擊評估

項 目	內 容
未來氣候特性研判	根據二氧化碳的增加率，預估： ◎臺灣未來每十年溫度的變化量，共預估 100年 ◎最壞狀況的預測：二氧化碳每年增加 1% 時的溫度變化情形 (攝氏度)(IPCC emission scenario A) ◎未來降水量的季變化量 (毫米) 及趨勢，依臺灣北中南東四個區域分別預測 ◎暴雨／洪水頻率的趨勢 ◎預測未來颱風的變化趨勢 (路徑、頻率)

二、處理經過

中央氣象局於民國八十三年一月十一日為研商配合撰寫“氣候變化綱要公約國家報告”事宜，由前蔡局長清彥召集會議，分別由氣象科技研究中心（一般氣候分析及整合）、第一組（災害）、第二組（大氣化學）、第三組（資料處理）、氣象預報中心（長期預報）、及海象測報中心（海水面上昇與暴潮）指派人員組成工作小組，擬訂撰寫項目分別進行，茲將所定五個子題及各子題負責人員列如下：

- (一) 海水面上升對暴潮特性的影響 ----- 徐月娟、張迦勒、白文星
- (二) 臺灣地區氣候資料之分析
 - 1. 一般氣象資料之分析 ----- 蕭長庚、廖述宏、陳孟青
 - 2. 二氧化碳及其他溫室氣體資料之分析 ----- 張修武
- (三) 大氣增溫型態之演變分析 ----- 陳圭宏
- (四) 氣象災害資料之收集與統計 ----- 陳正改、陳明志
- (五) 大氣中二氧化碳倍增環境下大氣環流之改變 ----- 李尙武

八十二年二月十六日於氣象預報中心四樓會議室召開『研商配合撰寫「氣候變化綱要公約國家報告」事宜工作小組第二次會議』，討論分工之工作項目、時程，並研商委託研究之需求及其可行性。結論是由於時間有限，在人力及技術等客觀環境條件並未十分成熟之狀況下，首先透過研讀報告，以及引用數值模擬分析之結果驗證各種現象之發生是否有其近似之情形，以作為進一步評估之依據。會後工作小組成員即著手蒐集國內外有關之研究報告及資料，分頭進行研讀報告、分析資料、繪製圖表、設計數值模擬實驗、從事數值模擬分析研究等工作。八十二年六月二十八日召開工作小組第三次會議，由各分項負責人提出工作報告及問題討論，並依照經濟部能源委員會於民國八十三年六月十七日之會議決議事項，提前一個月完成資料收蒐集整理的工作。同年八月二十三日召開工作小組第四次會議，各分組均提出分析報告，並研擬綜合報告之撰寫方式，九月初各子題之初步報告陸續完成。經摘要彙整後，將配合事項中之環境基本資料綜合分析部分及氣候變遷衝擊評估—未來氣候特性研判部分，分置於第三章資料分析與評估之首節及第四章結論中，並將各子題負責人員之研究報告，錄記為第三章之一至五節。又部分研究報告編寫完整，具有論文型態，彙整時無法摘要表達其分析過程，故將原文與其他會議中之報告文件一併列入附錄中編製。

三、 資料分析與評估

3.0 環境資料綜合分析

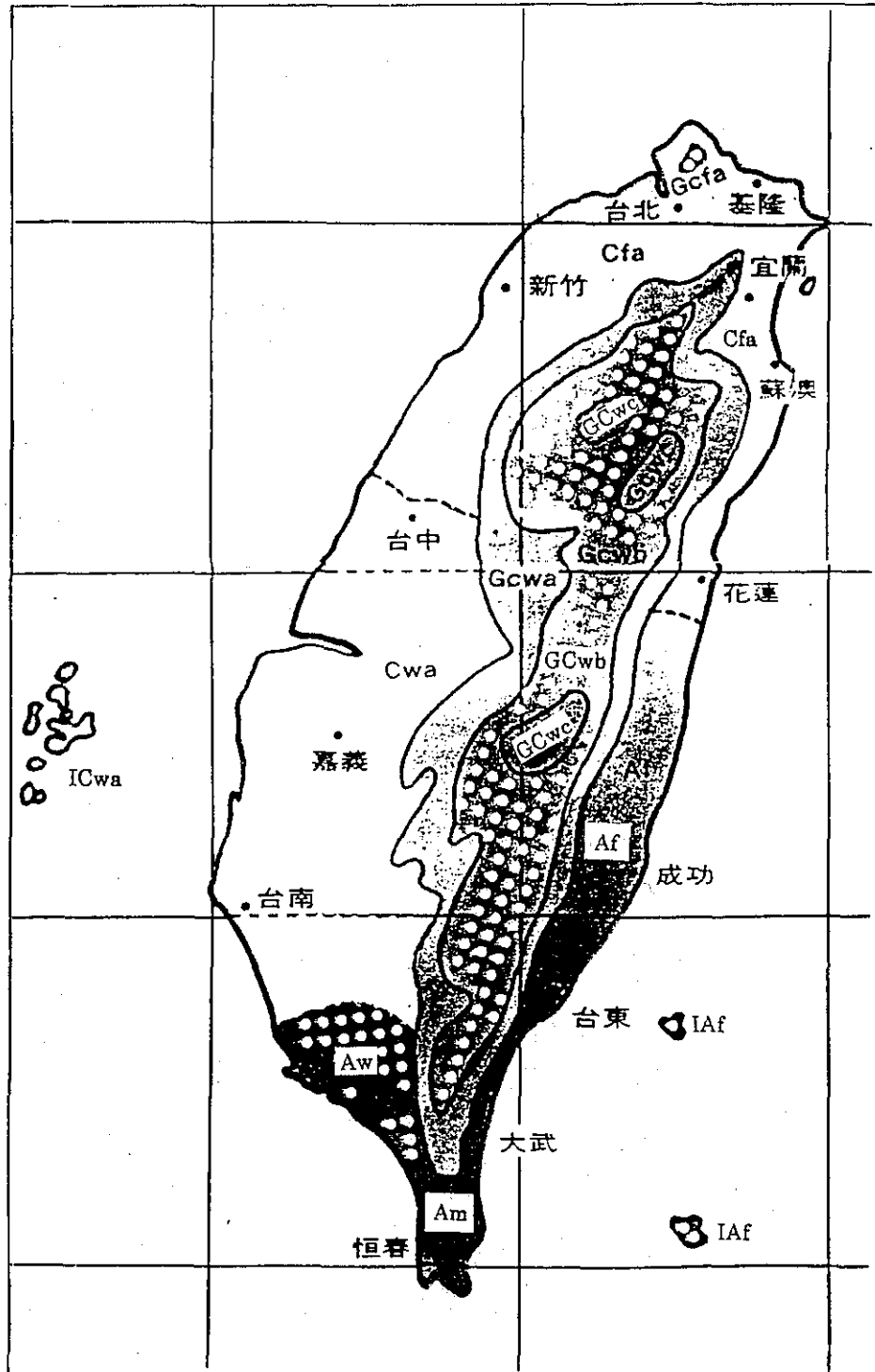
臺灣位於亞洲大陸東側太平洋西緣之中低緯度副熱帶地區，天氣型態隨季節之不同而各異。冬季受大陸冷氣團及東北季風之影響，南部乾燥北部濕冷，當寒潮爆發時全省均有可能遭受低溫災害之機會。冬夏之間風信改變，就區域性氣旋活動而言，三、四月間有春雨，五、六月間有梅雨天氣型態的出現，隨後東亞大氣環流轉變為夏季型態，臺灣受海洋氣團及西南季風之影響多雷雨及颱風之侵襲。九、十月間，東亞大氣環流再度轉變，降水及風逐漸轉變為冬季型態。

臺灣之氣候，一般被稱為副熱帶或海洋性副熱帶氣候，以全年濕潤多雨著稱，惟此籠統之名稱與概念，實忽略了區域間之差異，無法顯示出臺灣氣候之特徵。臺灣地區土地面積雖小，然而中部及東部的高山峻嶺，形成了環流的障礙，不僅山區氣候與平地不同，而且東西南北之風雨型態及出現期間亦因高山之存在而各異。北部年平均氣溫為22°C，南部為24.5°C，山區氣溫可按每百公尺降低 0.6°C之方法估算參用。全省平地最冷月之平均氣溫均高於15°C，而絕對最低氣溫亦極少低於 0°C，夏季中以七月為最熱，平均在28°C左右，南北差異不到 1°C，冬季最冷出現在一月下旬，北部平均氣溫約為15°C，南北溫差約可達到 5°C，相對而言臺灣平地地區冬季十分短暫。山地一、二月間有降雪現象，北部全年多雨，年降水量在 2500mm 左右，南部冬乾夏雨，年降水量約為 1900mm。雨量多來自於三、四月間之春雨，五、六月間之梅雨，七至九月之雷雨及東北季風帶來之綿綿細雨或颱風侵襲所導致之大、豪雨。冬季平地多東北風，高山則為西風或西北風，夏季地面多為西南風，惟風受地形之影響極大，各地差異顯著。每年四至十一月間可能有颱風侵襲，平均次數是每年三次，發生頻率較多者為七至九月。各地相對濕度約在78% 至85% 間，全年變化不大。今限於篇幅謹將代表性之氣候分區列表如表一及圖一，其他如等溫線及等降雨量線圖等，可參見中央氣象局出版之「中華民國臺灣地區氣候圖集」及氣象報告彙編。

臺灣地區之氣溫及降水量分布，以各氣象站之標準平均値，列表如表二及表三。全省平地及離島地區，自1920年代起氣溫即有明顯逐漸升高之趨勢，至1950年代達最高點後，普遍略有回降之現象，至1970年代各站升降不一，到1980年代後，大城市有較大之氣溫升高現象，小市鎮及高山離島則升溫現象較不顯著，而且中南部地區冬季氣溫變得較冷，夏季氣溫變得較熱，年較差逐漸變大。降雨量方面，近三十年較前三十年，東北部地區降雨量增加約 5%，中南部則減少約 10-20%。就週期性之趨勢而言，氣溫及降雨量均有近似兩年之週期振動及 44 年之長週期波動。至於在十年以下兩年以上間，氣溫有 5.7 年之變化週期，而降雨方面之週期則較不一致，此表示降雨受地理因素之影響極大，各地有各地之特性（參見附錄 5.3）。

表一 臺灣地區之氣候分區及相當氣象站

代號	氣候型 名稱		特 徵		相當 氣象站
			平均氣溫	降水量	
Af	熱帶多雨氣候		最冷月月均溫高於 18°C，終年高溫	終年多雨	成功
IAf	島嶼熱帶多雨氣候			蘭嶼	
Am	熱帶季風氣候			恆春、台東、大武	
Aw	熱帶草原氣候			高雄	
Cfa	溫暖多雨氣候		最暖月月均溫高於 22°C，最冷月月均溫 低於18°C，但高 於-3°C	終年多雨	台北、新竹 基隆、花蓮
Cwa	溫暖冬乾夏雨氣候			夏天雨季	台中、嘉義、台南
ICwa	島嶼溫暖冬乾夏雨氣候			冬天乾季	澎湖
GCfa	山	溫暖多雨氣候		終年多雨	鞍部 竹子湖
GCwa		溫暖冬乾夏雨 氣候		最暖月月均溫低於 22°C，但至少四個月 高於10°C（夏季暖 和），最冷月月均溫 低於18°C，高於-3°C	夏天雨季 冬天乾季
GCwb					
GCwc	地		最暖月月均溫低於 10°C，最冷月月均溫 高於-3°C（夏季短而 冷）		



圖一 臺灣之氣候分類

表二 臺灣地區各氣象站氣溫標準平均値

測 站 時 間		1961~1990年												單位：攝氏度(℃)
		一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	全年
平 地	淡 水	14.9	15.2	17.2	21.2	24.6	26.9	28.9	28.7	26.9	23.8	20.4	16.8	22.1
	基 隆	15.5	15.6	17.4	21.0	24.2	26.7	28.8	28.5	26.8	23.9	20.8	17.3	22.2
	臺 北	15.3	15.7	17.7	21.6	24.8	27.0	29.0	28.8	27.1	24.1	20.7	17.2	22.4
	新 竹	14.8	15.0	17.1	21.3	24.7	27.0	28.8	28.5	27.0	23.9	20.4	16.7	22.1
	宜 蘭	15.7	16.2	18.3	21.5	24.2	26.4	28.2	27.9	26.1	23.1	20.0	17.0	22.1
	蘇 澳	16.1	16.5	18.2	21.0	24.3	26.6	28.4	27.9	26.3	23.8	20.5	17.0	22.2
	臺 中	15.7	16.5	18.9	22.8	25.7	27.2	28.4	28.0	27.0	24.6	21.2	17.3	22.8
	梧 棲	15.6	15.6	18.1	22.2	25.2	27.5	28.9	28.6	27.2	24.3	20.9	17.2	22.6
	花 蓮	17.2	17.8	19.6	22.5	24.9	26.7	28.2	27.9	26.7	24.4	21.6	18.8	23.0
	嘉 義	15.9	16.8	19.0	22.6	25.6	27.3	28.4	27.7	26.7	24.2	20.6	17.0	22.7
	成 功	18.4	19.0	20.6	23.1	25.3	26.9	28.0	27.8	26.8	24.8	22.3	19.7	23.6
	臺 南	16.9	17.9	20.7	24.4	27.2	28.2	28.9	28.5	27.8	25.7	22.3	18.5	23.9
	臺 東	18.8	19.5	21.3	23.9	26.1	27.5	28.6	28.4	27.3	25.3	22.8	20.1	24.1
	高 雄	18.4	19.3	21.7	24.9	27.2	28.1	28.7	28.2	27.7	26.1	23.1	19.8	24.4
大 武 壠	19.9	20.6	22.3	24.7	26.8	27.9	28.6	28.1	27.2	25.9	23.7	21.1	24.7	
山 地	恆 春	20.3	21.1	22.8	25.2	27.1	27.8	28.3	27.9	27.4	26.2	24.0	21.5	25.0
山 地	鞍 部	9.4	10.1	12.5	16.3	19.3	21.6	23.1	22.6	20.9	17.6	14.3	11.0	16.6
	竹 子 湖	11.4	12.0	14.3	18.0	21.0	23.1	24.7	24.4	22.8	19.6	16.3	13.0	18.4
	日 月 潭	13.9	14.8	16.7	19.3	21.2	22.2	23.1	22.7	22.2	20.8	18.3	15.2	19.2
	阿 里 山	5.3	6.4	8.6	11.0	12.6	13.8	14.2	13.9	13.3	11.6	9.5	6.6	10.6
	玉 山	-1.7	-1.3	0.6	3.2	5.4	6.8	7.6	7.4	7.0	6.0	3.9	0.5	3.8
離 島	彭 佳 嶼	15.2	15.3	17.1	20.3	23.3	25.8	28.0	27.8	26.4	23.6	20.3	17.1	21.7
	澎 湖	16.3	16.6	19.1	22.9	25.7	27.4	28.7	28.5	27.7	25.3	22.1	18.5	23.2
	東 吉 島	17.1	17.4	19.7	22.9	25.4	26.9	28.0	27.7	26.9	25.0	22.1	18.9	23.2
	蘭 嶼	18.1	18.6	20.1	22.3	24.3	25.5	26.2	25.9	25.2	23.6	21.4	19.1	22.5

備註：1.蘇澳測站資料為1982年至1990年。
 2.梧棲測站資料為1977年至1990年。
 3.嘉義測站資料為1969年至1990年。
 4.東吉島測站資料為1963年至1990年。

表三 臺灣地區各氣象站降水量標準平均值

1961~1990年

單位：公釐(mm)

時間		一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	全年
平地	淡水	131.9	155.1	192.2	151.8	207.8	229.3	149.7	212.1	279.4	187.9	142.0	108.7	2147.7
	基隆	360.4	388.6	329.0	211.3	277.1	289.8	140.5	196.0	412.2	360.1	343.9	355.9	3664.8
	臺北	91.8	137.5	184.4	152.6	233.3	281.9	233.1	268.5	325.4	117.4	79.8	74.5	2180.2
	新竹	81.3	130.5	201.5	172.1	262.0	284.8	141.6	214.3	156.7	47.3	42.3	54.8	1789.2
	宜蘭	163.1	167.7	136.0	108.2	214.0	214.6	135.8	224.2	497.4	404.9	303.4	177.6	2746.9
	蘇澳	393.6	381.4	234.7	185.8	302.2	266.9	171.3	284.6	615.3	697.0	613.1	327.6	4473.6
	臺中	34.0	66.8	88.8	109.9	221.8	361.5	223.7	302.5	137.3	12.3	20.4	21.9	1600.9
	梧棲	29.3	74.6	111.7	136.3	217.2	217.4	169.4	234.8	83.1	4.0	20.9	18.6	1317.3
	花蓮	85.6	100.6	95.6	114.9	202.8	245.3	188.5	230.6	385.1	317.4	151.0	58.7	2176.3
	嘉義	27.9	43.4	60.4	100.8	201.4	363.6	278.0	397.9	181.5	18.5	13.2	20.2	1706.7
	成功	84.2	74.4	85.1	116.9	214.1	231.8	276.7	293.1	366.3	333.4	139.7	77.1	2292.6
	臺南	17.9	23.9	35.1	68.9	181.1	357.9	292.7	364.6	155.0	25.2	16.6	7.6	1546.4
	臺東	45.6	43.9	49.5	79.0	167.8	256.1	293.3	273.4	313.3	206.0	81.6	37.7	1847.2
	高雄	16.5	17.6	34.4	52.3	184.5	365.0	320.8	381.6	180.3	40.0	17.0	8.9	1619.0
	山地	大武壠	55.2	58.8	52.9	79.8	209.9	338.2	422.2	391.5	363.9	214.6	79.6	42.0
恆春		24.7	22.6	26.4	37.7	177.7	331.3	390.3	464.4	313.1	123.4	39.3	14.0	1964.9
蘇澳		344.7	300.0	287.4	207.7	304.4	325.3	262.5	407.0	735.5	828.2	554.4	372.2	4929.1
山地	竹子湖	291.4	256.0	238.1	173.3	257.1	285.4	248.1	403.5	708.9	822.8	527.4	323.3	4535.4
	日月潭	50.2	85.5	114.0	155.1	343.8	525.1	337.4	402.4	229.6	52.2	27.0	32.6	2355.0
	阿里山	88.6	113.7	158.8	209.5	537.1	743.8	592.2	820.4	464.0	126.1	54.3	53.7	3962.2
	玉山	133.4	161.5	161.4	210.6	441.7	564.3	384.5	463.8	330.4	136.8	82.2	81.5	3152.1
離島	彭佳嶼	156.4	167.1	189.9	151.7	206.4	222.6	90.6	173.5	229.7	113.7	128.2	118.2	1947.9
	澎湖	22.1	40.1	60.2	83.3	123.1	175.3	131.4	144.0	109.1	23.1	23.9	18.9	954.5
	東吉島	15.5	24.9	45.7	55.7	124.9	214.2	146.0	147.9	96.2	20.3	21.5	9.6	922.5
	蘭嶼	274.8	224.5	186.2	152.8	244.2	297.8	217.1	265.3	373.0	318.7	278.3	223.0	3055.6

備註：1.蘇澳測站資料為1982年至1990年。
 2.梧棲測站資料為1977年至1990年。
 3.嘉義測站資料為1969年至1990年。
 4.東吉島測站資料為1963年至1990年。

依據聯合國「氣候變化政府間討論小組 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)」的預測，公元2100年全球海水面平均上昇約 65 公分。至於臺灣地區受到全球海面上升的影響，從歷史潮位資料，分析基隆及高雄港之平均海水位。基隆港自1957 年至 1979年似有逐漸下降的趨勢；但自1979年起又有逐漸上升的趨勢。出現在1979年的最低平均海水位為82.8公分，而1991年的平均海水位則為96.6公分，兩者相差了13.8公分。高雄港的平均海水位較基隆港為低，但變化較大。整體看來，高雄港的平均海水位是有逐漸上昇的趨勢。在1973年的最低平均海水位為 66.7 公分，在1991年的平均海水位為84.1公分，兩者相差了17.4公分。以上基隆港和高雄港的平均海水位變化，在未考慮地層下陷等其他因素的影響下，最近十年均有上升的趨勢。(詳情見 3.1)

暴潮 (Storm Surge) 為颱風或低氣壓經過時，由風導流 (Wind-driven current)，氣壓等引起海岸水位異常的現象，理論上計算暴潮之天氣資料，主要是風。研究暴潮之目的在於預報暴潮。暴潮的最大高度與低氣壓偏低的程度有極密切關係，簡單之經驗統計公式為 $h=4.1(1010-P_0)$ ，式中 h 為最大暴潮高度，單位為cm， P_0 為最低氣壓，單位為 hPa(百帕)。臺灣地區每年約有三到四次颱風侵臺，近九十年間，最多之一年曾達八次之多，也有兩年無颱風侵襲。當海面上升 1 公尺後，對颱風暴潮可能造成的影響至為複雜，因時因地均有不同。今假設海平面上升 1 公尺，其他因素不變，也不考慮海水入侵陸地之部分，經模式計算後發現，若因海面上升使水深加深，水深加深 1 公尺，則暴潮的高度增加96公分。因為基本水位上漲，沿岸波浪特性會隨之改變，碎波帶將移近岸邊，波高便隨之增加。臺灣東部為深水區其影響比較不大，但在臺灣海峽內就可明顯看出潮波走得較快且影響也較大。

3.1 海水面上昇對暴潮特性的影響

依據聯合國「氣候變化政府間討論小組（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）」的預測，受到二氧化碳等溫室氣體增加引發溫室效應的影響，全球氣溫將逐年升高，降雨型態也將改變，海平面則日漸上升。到了公元2100年全球海水面上昇約65公分。至於臺灣地區受到全球海水面上昇的影響，我們將從歷史潮位資料分析與數值模式模擬兩方面，來作初步的探討。

3.1.1 歷史潮位資料分析

我們收集基隆港及高雄港的逐時潮位觀測資料來代表臺灣南北兩端附近海域的海水位變化。其中基隆港的歷史資料始於1957年，長達37年；高雄港的歷史資料則較短，始於1969年，計25年。由於臺灣海域內的天文潮是太平洋深水潮進入大陸棚之後受到淺水化效應，各種週期的分潮很多，除了深水潮以外尚有因地形水深及海岸形狀影響而產生的倍潮及複合潮；再加上氣象因素，使得岸區潮位變化極為複雜。我們取 369天的歷史潮位資料來作滑動平均，每次移動一個月，而求得平均海水水位隨時間之連續變化。只是所使用的原始資料尚未經過嚴格的品質管制，如遇資料漏失則略過不計，但若資料漏失長達5個月以上，則不計算平均值。圖二為基隆港平均海水水位變化圖，自1957年至1979年似有逐漸下降的趨勢；但自1979年起又有逐漸上升的趨勢。出現在1979年的最低平均海水水位為82.8公分，而1991年的平均海水水位則為96.6公分，兩者相差了13.8公分。圖三是將基隆港與高雄港的平均海水水位同時顯示出來。高雄港的平均海水水位較基隆港為低，但變化較大。自1973年至1981年高雄港的水位似逐漸上升；自1981年至1983年則下降較多；但自1983年起又一直攀升，至1991年才又稍降。整體看來，高雄港的平均海水水位也是有逐漸上昇的趨勢。在1973年的最低平均海水水位為66.7公分，在1991年的平均海水水位為84.1公分，兩者相差了17.4公分。以上基隆港和高雄港的平均海水水位變化，在最近十年的上升趨勢頗為一致。但需注意的是這兩個潮位站並沒有做定期的基準面校正，因此地層下陷等自然因素的影響尚未考慮在內。

3.1.2 數值模式模擬

全球海水面上升將使得海岸後退，沿岸波浪高度和暴潮的規模加大。為減少洪患威脅，臺灣沿岸已開發地區勢必要增加海堤的高度，以保護人民生命財產的安全。我們參考 IPCC 的估計，在公元2100年全球海平面平均上昇約65公分。我們便以發生於1994年的提姆颱風為例，採用本局的二度空間天文潮及暴潮模式，在不考慮海、陸面積因海水水位變化而產生的消長關係下，來初步探討海水面上升1公尺後，對颱風暴潮可能造成的影響。

圖四為提姆颱風事後分析的最佳路徑圖。7月10日下午8時，颱風中心位於臺東成功近海；6小時後（11日清晨2時）颱風中心位移至彰化外海的臺灣海峽內；12小時後（11日上午8時）颱風中心則已在福建省登陸。圖五a中的實線為臺東成功潮位站在颱風期間所測得的潮位資料；點虛線為以調和分析法所作的天文潮預測值。從圖中可看出在颱風期間海水水位顯著增高，最高水位高

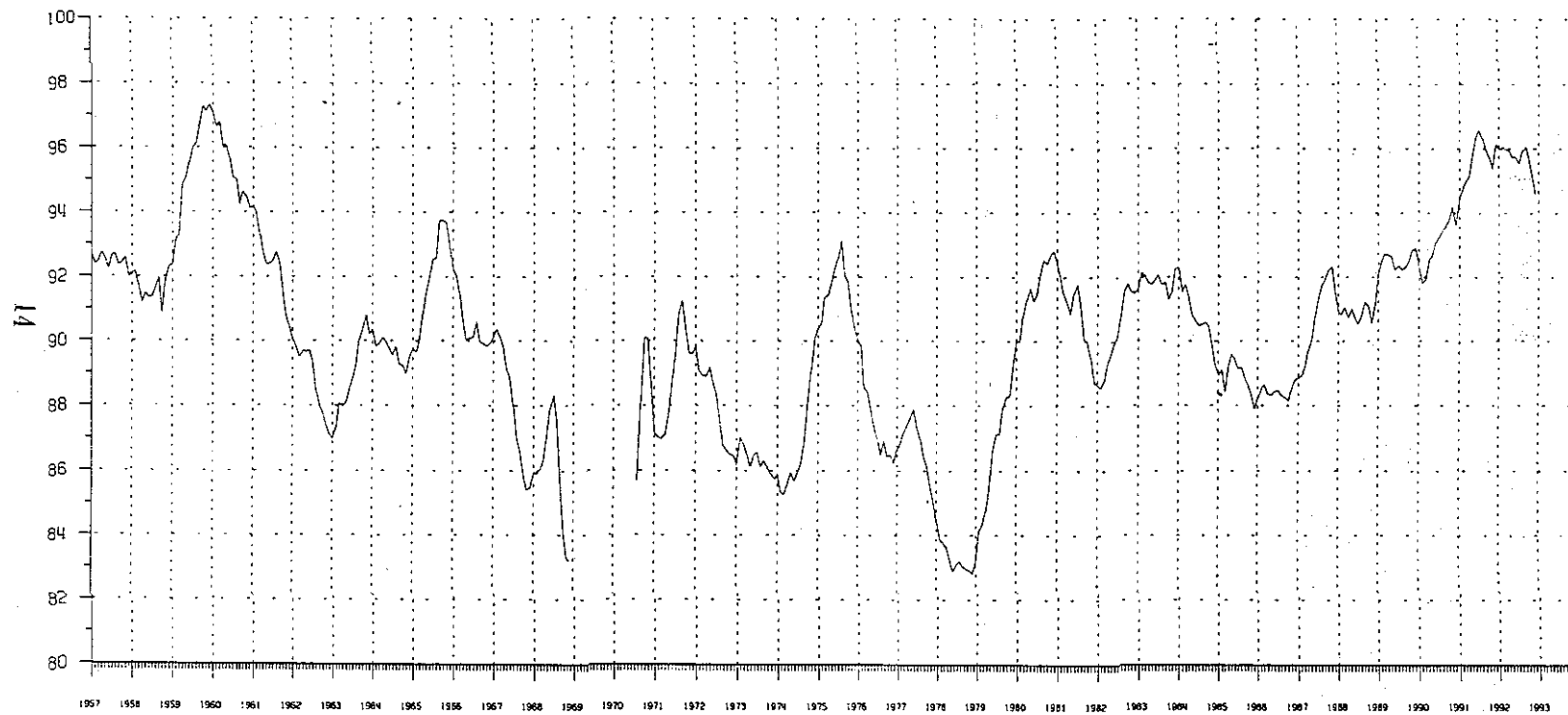
達1.71公尺，出現在10日20時，比天文潮預測值高出了84公分。最高水位出現的時間與颱風中心通過的時間相當配合。圖五b 則為臺灣西海岸嘉義東石潮位站的資料，其中海水位受颱風影響而升高的時間較東岸落後，最高水位為1.83公尺，出現在11日1時，比天文潮預測值高出44公分。由於東石、布袋與外傘頂洲之間的海灣呈「下拉鉤狀」。海灣內的水深平均約5公尺，海灣外的海水深度較大，平均水深為25公尺。由於海灣形狀使海水回流不易，因此海水位堆高的持續時間也較長。

我們以7月7日 2000Z為初始時間，採用提姆颱風的最佳路徑資料，作了102小時的推算 (hindcast)，但前面的48小時是屬於數值模式的啟動過程。圖六a 為模式在臺東成功近海的推算結果，其中虛線是代表天文潮的水位變化，點線是代表颱風暴潮的水位變化，在模式中加入了颱風風場參數化，考慮了颱風的中心氣壓及風剪力等因素。實線則是納入天文潮與颱風暴潮有關的各項動力因素，同時計算所得的結果。因為在動力方程式中，與摩擦、地形有關的動力因素為非線性項，故圖中的實線並非純為虛線與點線直接相加的結果。圖六b 則為模式在布袋海灣內的推算結果。比較圖六a 與b 我們可以看出兩者出現最高水位的時間，都恰好在當日天文潮次高潮出現的時間。但由於颱風中心的逼近，正暴潮引起了海水位上升，使得當時的海水位比當日天文潮最高潮應出現的海水位還更高。圖六中海水位高度變化的中間點是落在零值線附近。比較圖五及圖六我們可以看出，模式對高低潮潮時及潮位變化趨勢都能大致推算得不錯，只是模式中海水位受颱風影響的時期較短暫也較延後。有關颱風參數化方面，還可再加以改進。

現在假設海平面上升1公尺，我們便將模式整個海域內的水深予以增加1公尺，其他因素不變。圖七中的實線是原來的天文潮加暴潮的海水位變化，與圖六中的實線相同；點線則是海平面上升1公尺後的結果；虛線是兩者之間的差值。從圖七a 中可以看出，臺灣東岸的水較深，海水位上升1公尺對潮時潮位的影響都不太大。推算至72小時之前，受到颱風的影響還不大，差值的振幅較小，可視為只受到天文潮影響的範圍；72小時以後差值的振幅變大，顯然是受到颱風暴潮的影響。從圖七b 中可以看出，臺灣西岸的水較淺，當海水位上升1公尺後，天文潮的振幅稍增，暴潮的振幅稍減，而潮波則明顯走得較快。從海水位差值的週期與潮波週期的一致性可看出，兩者有明顯的潮時差，在布袋附近最多可相差15.6分鐘。以動力學的眼光觀之，岸區水越淺，則底床摩擦力越大，加上海灣的形狀使回流不易，因此海水容易堆高。依此原理，如固定海灣的形狀，不考慮內陸淹水面積，則水深增加會使底床摩擦稍減，因此暴潮的高度可能反而下降。圖七b 中可看出在布袋海灣內暴潮高度稍降4公分。但因為假設基本海平面已增高1公尺，故實際暴潮高度是增加196公分。

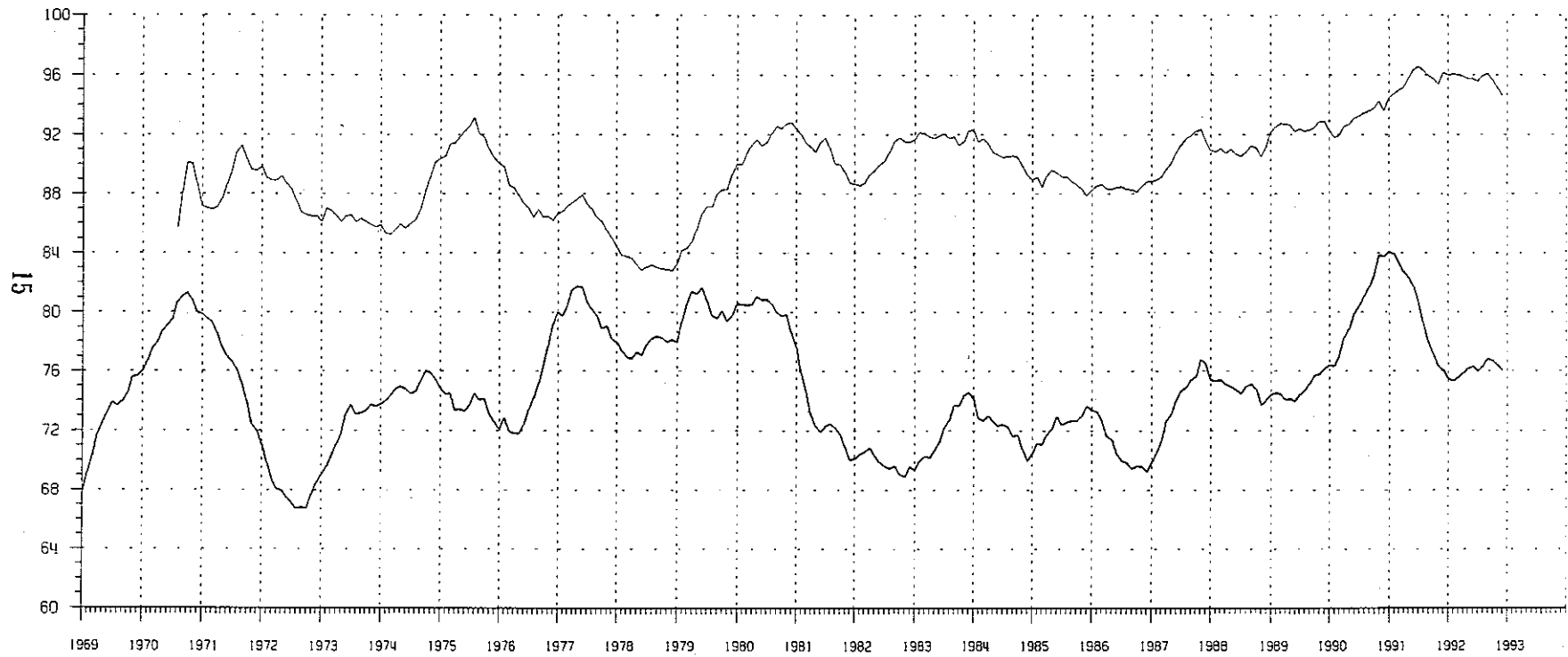
我們再探討臺灣海域內水位及流速的分布情形。圖八是模式推算至72小時的結果，此時颱風中心位於臺東成功外海。圖中的細實線是代表等水位線，箭頭則是代表海水表層的流速。圖八a為只有天文潮存在的情況。圖八b為有颱風且天文潮同時存在的情況。圖八c如圖八b，但為海平面上升1公尺的情況。比較圖八a與圖八b可看出，在臺灣海峽內海水位尚未受到颱風的影響；但圖八b在臺東成功外海，海水位因颱風中心逼近而比周圍高出許多。比較圖八b 與圖

八c 可看出，海水位上升 1 公尺對臺灣東部深水區影響不大；但在臺灣海峽內就可明顯看出潮波走得較快。圖八b 中-1.5公尺的等水位線抵達苗栗及臺西，但在圖八c 中-1.5公尺的等水位線已很接近梧棲及鹿港。圖九是模式推算至78小時以後的結果，此時颱風中心位於彰化外海的臺灣海峽內，天文潮的高水位區也移到了臺灣海峽。比較圖九a 與圖九b，因颱風中心低壓而引起的水面上升，在鹿港外海較無颱風時增加了約60公分。比較圖九b 與圖九c，當水面上升 1 公尺時，鹿港外海因颱風暴潮引起的水面上升反而減少約20公分。從圖九中也可看出，海峽內潮位最高點為廈門以北到鹿港，此處流速較小。在天文潮的情況下，觀音及布袋外海的流速最強；但當颱風位於臺灣海峽之中段時，則加強了布袋外海南向的流速。



KEELUNG

圖二 基隆港平均海水位變化圖

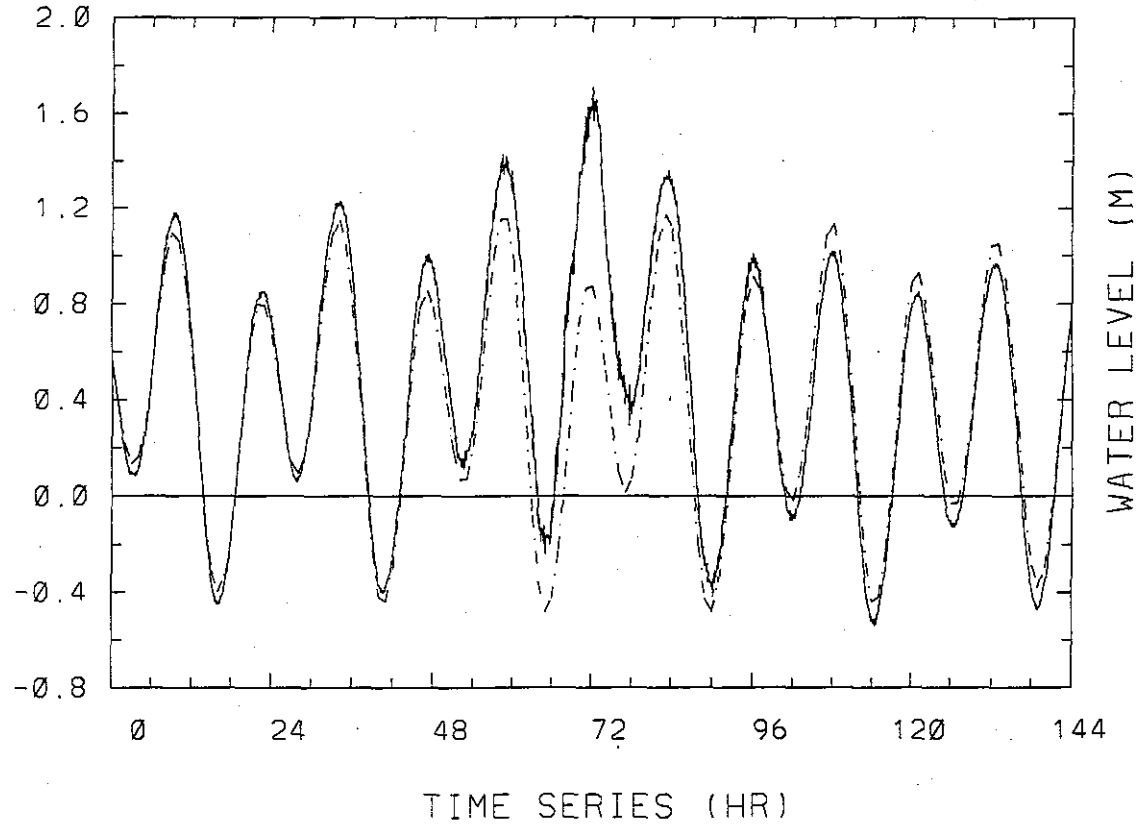


KEELUNG KAOHSIUNG

圖三 基隆港與高雄港平均海水位變化圖

83/07/07/20CST 1HR CHENKUNG 121.22 23.05

--- HARMONIC
— OBSERVATION

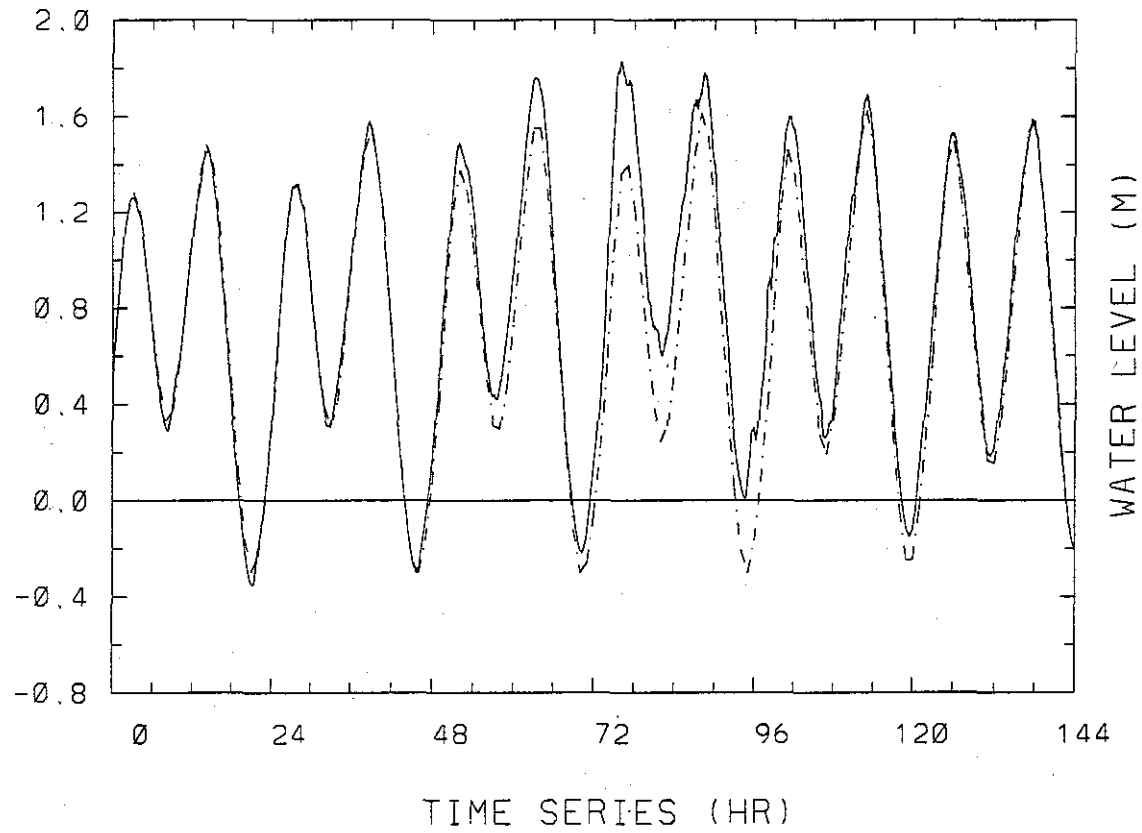


17

圖五 a 成功潮位站觀測之海水位與調和分析法預測之天文潮潮位比較圖

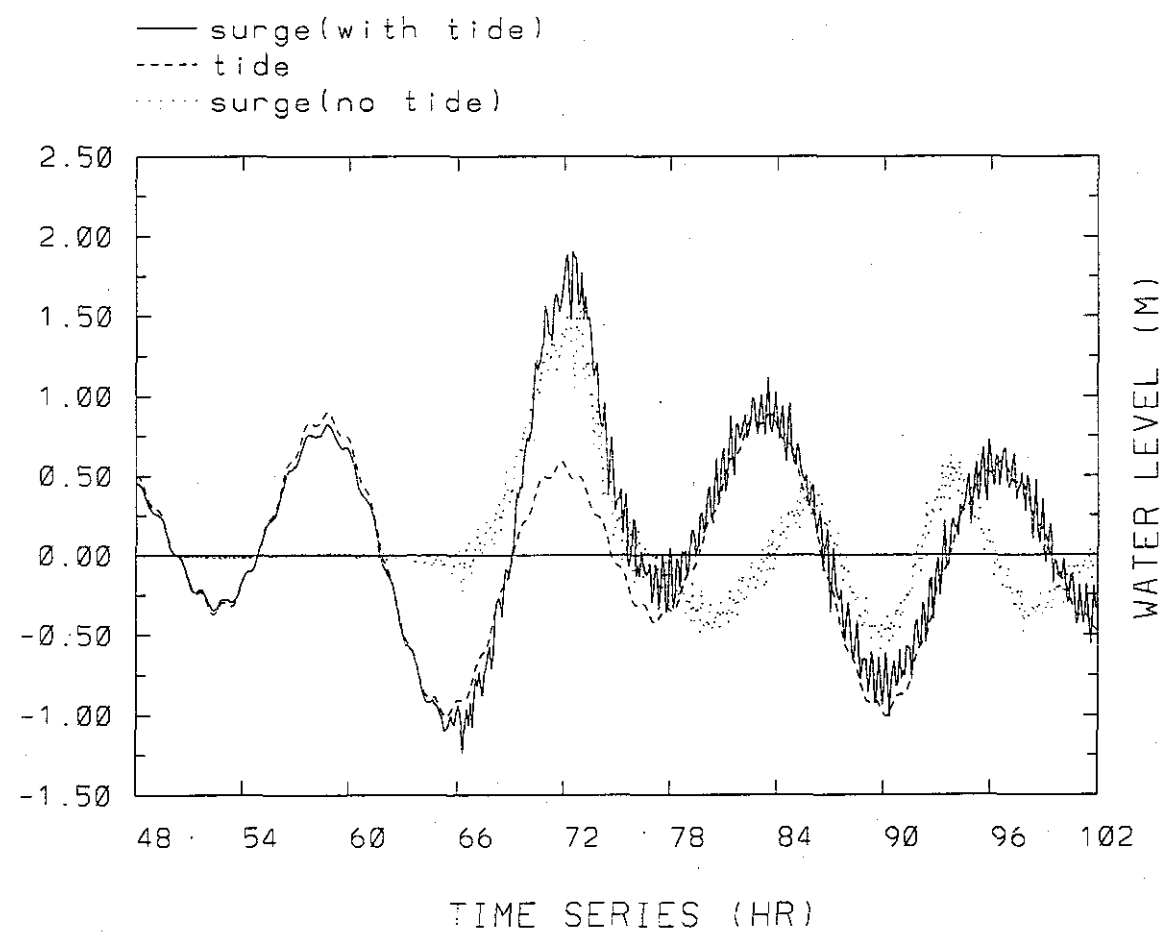
83/07/07/20CST 1HR TUNGSHIH 120.08 23.26

--- HARMONIC
— OBSERVATION



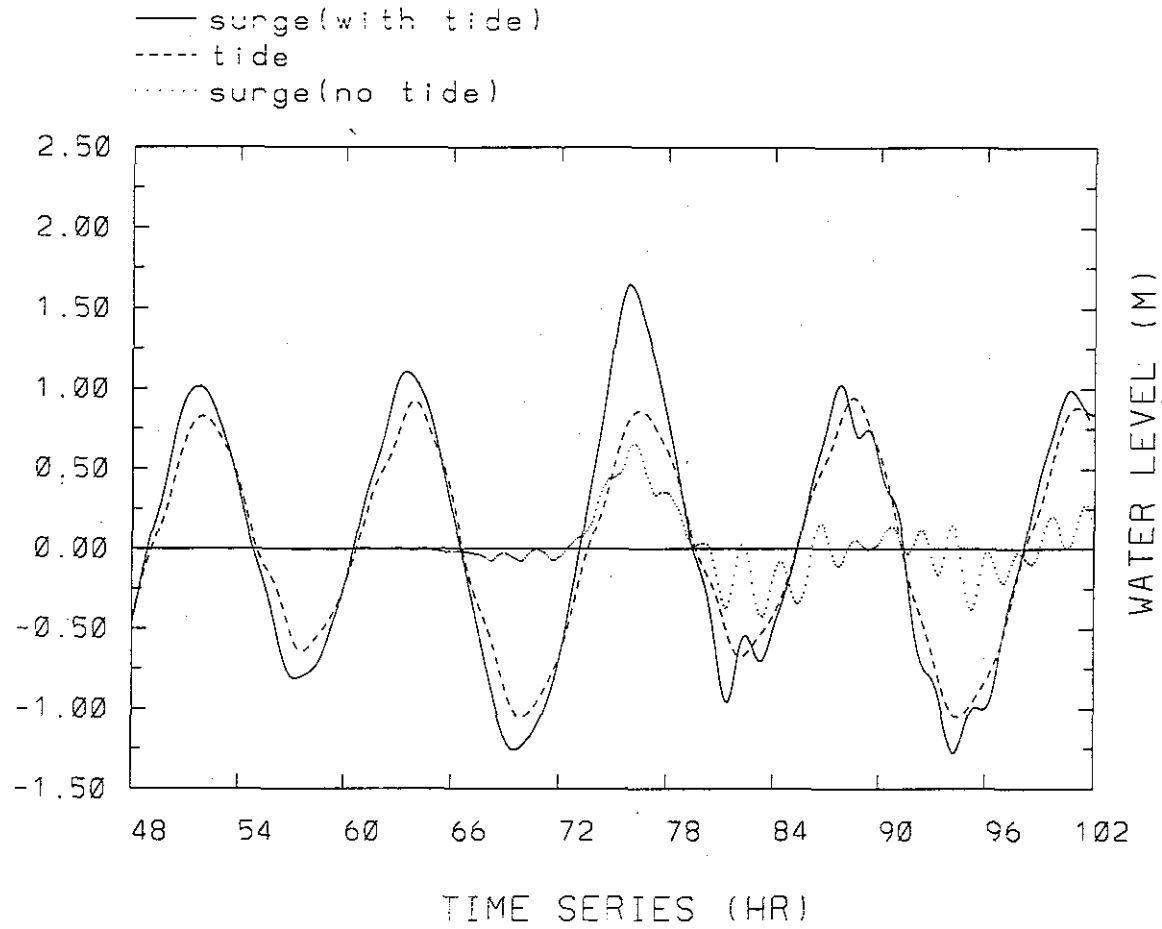
圖五b 東石潮位站觀測之海水位與調和分析法預測之天文潮潮位比較圖

83/07/07/20CST CHENGKUNG



圖六a 天文潮及暴潮模式在成功附近預測的海水位變化圖

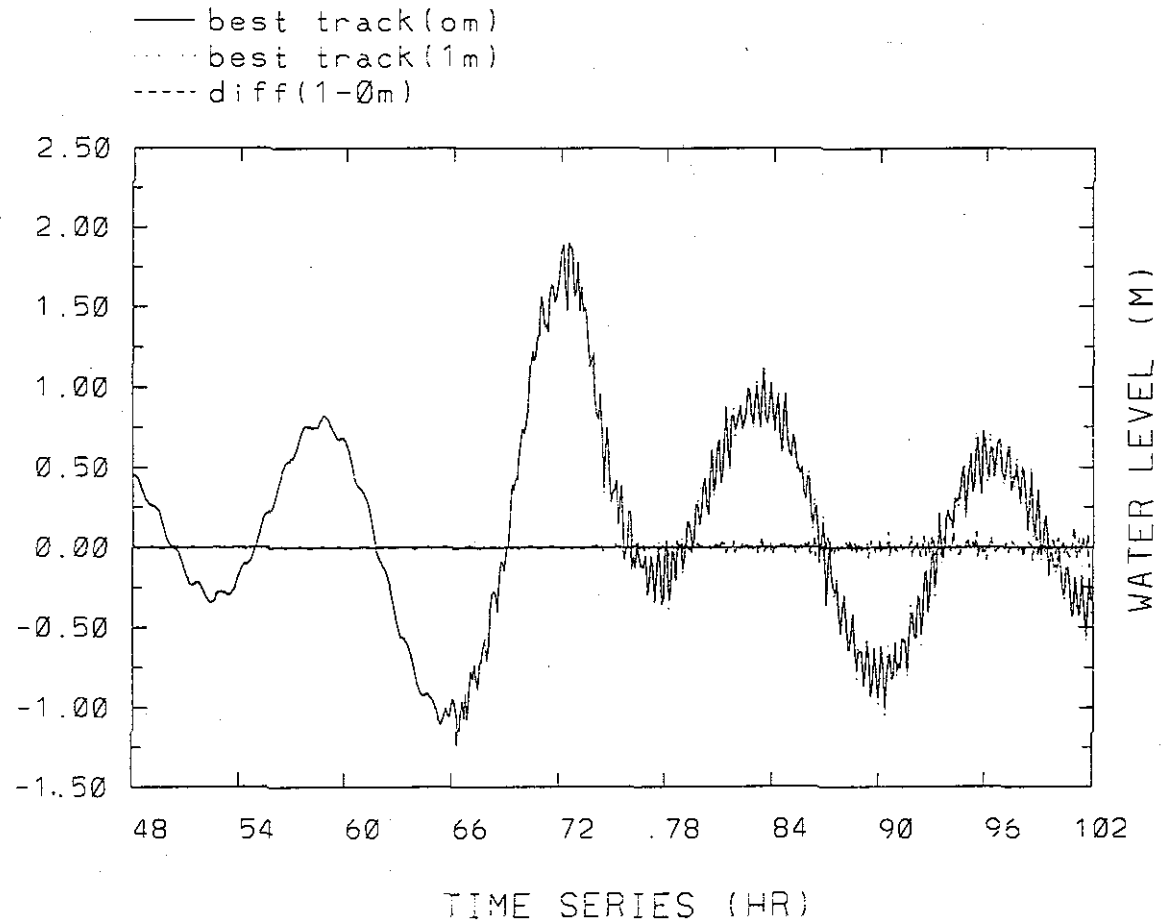
83/07/07/20CST TUNGSHIH



20

圖六b 天文潮及暴潮模式在布袋附近預測的海水位變化圖

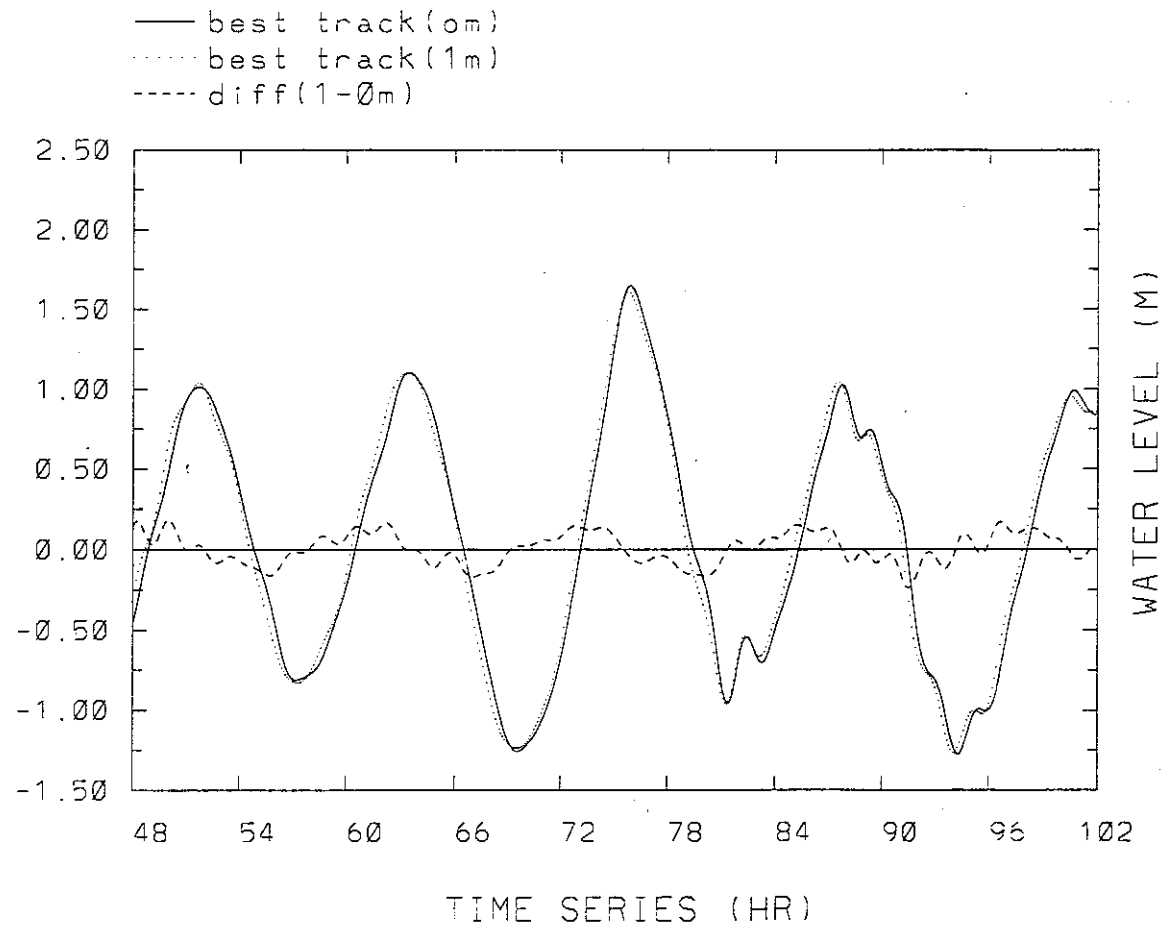
83/07/07/20CST CHENGKUNG



21

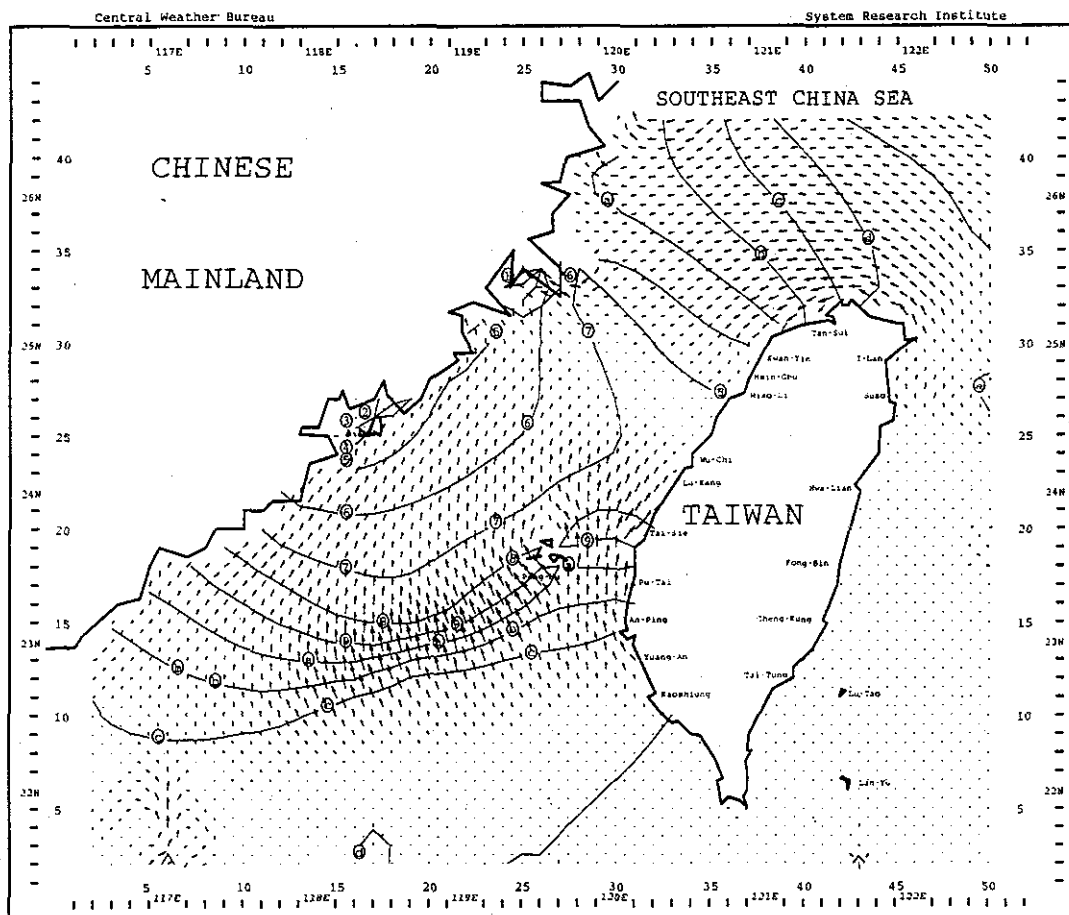
圖七 a 海平面上升 1 公尺對模式在成功附近預測的海水位比較圖

83/07/07/20CST TUNGSHIH



圖七b 海平面上升 1 公尺對模式在布袋附近預測的海水位比較圖

NUMERICAL SURGE PREDICTION OF
TYPHOON TIM



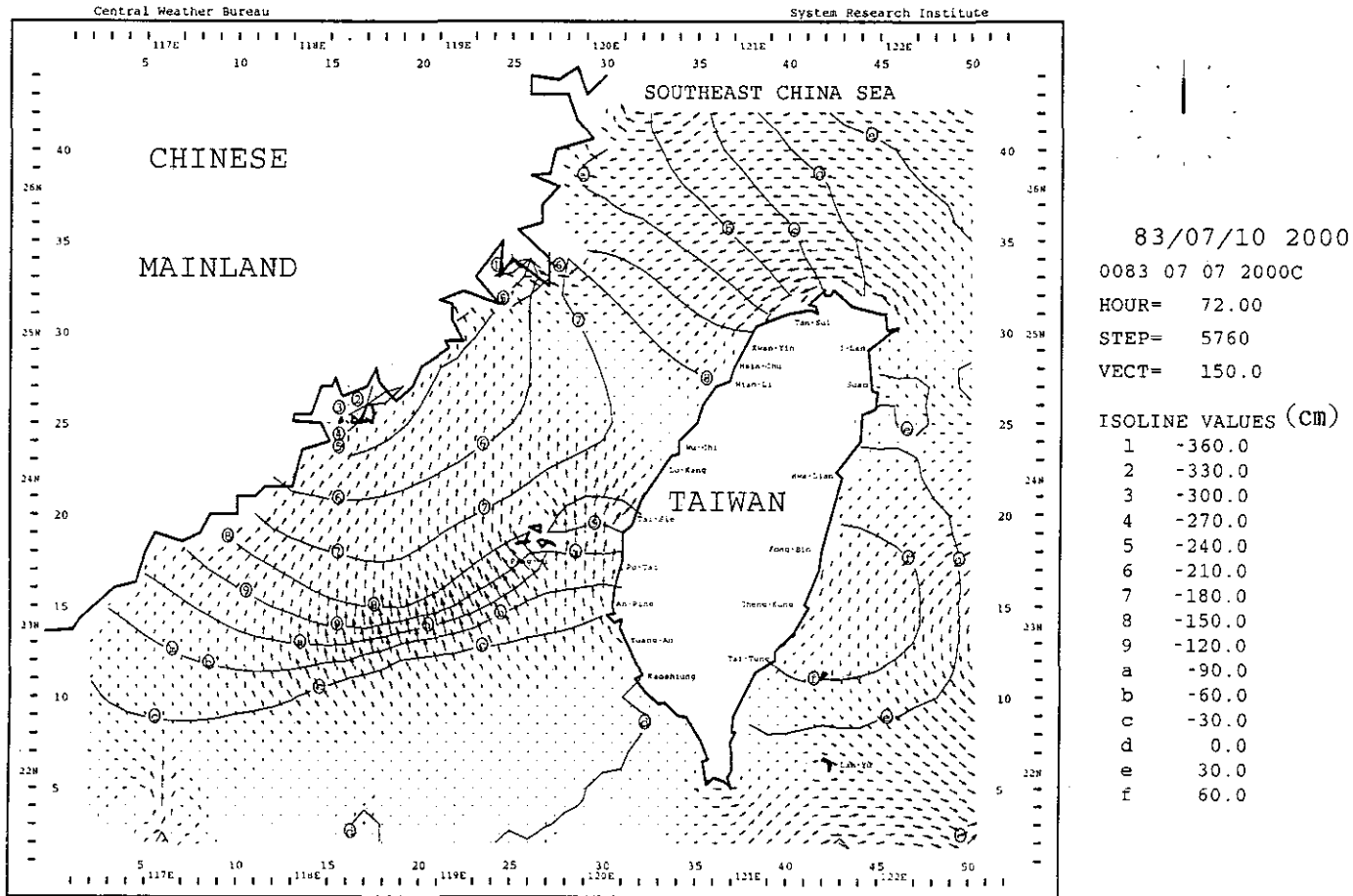
83/07/10 2000
0083 07 07 2000
HOUR= 72.00
STEP= 5760
VECT= 150.0

ISOLINE VALUES (cm)

1	-360.0
2	-330.0
3	-300.0
4	-270.0
5	-240.0
6	-210.0
7	-180.0
8	-150.0
9	-120.0
a	-90.0
b	-60.0
c	-30.0
d	0.0
e	30.0

圖八 a 只有天文潮存在情況下模式預報至72小時台灣海域內水位及流速分布圖

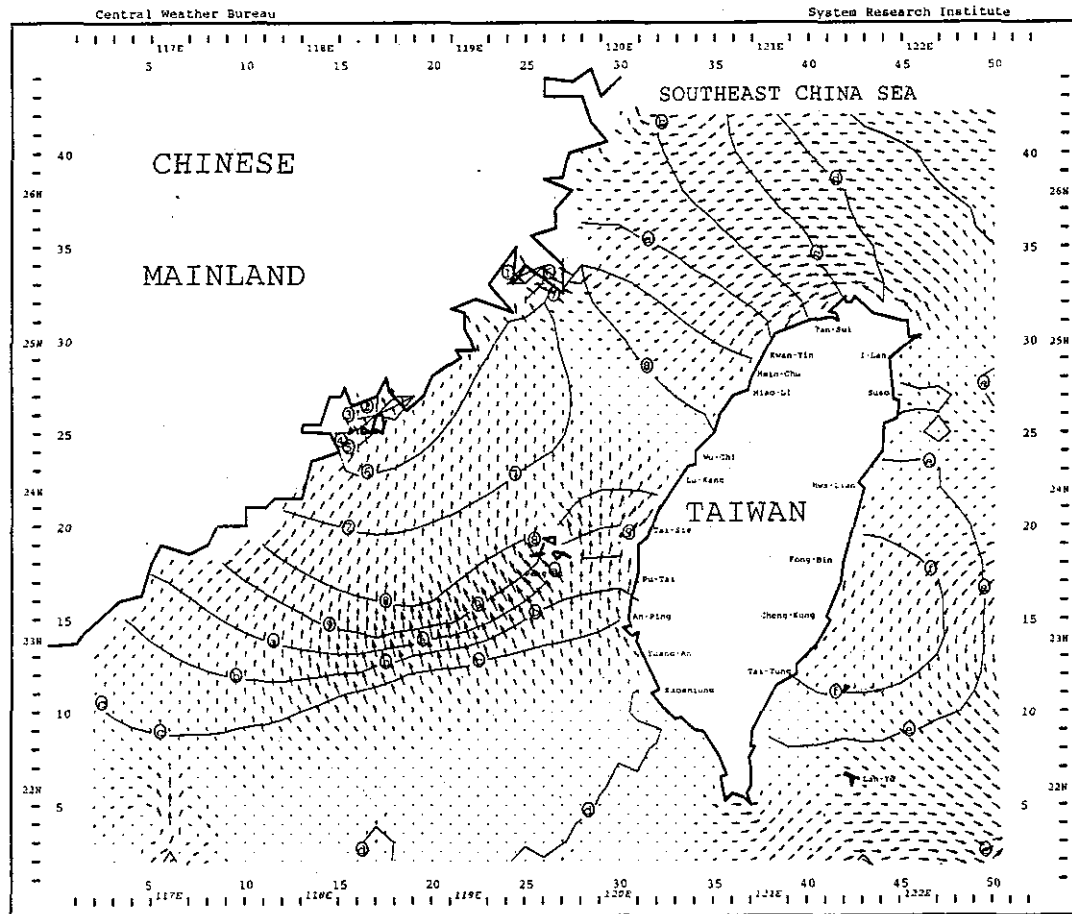
NUMERICAL PREDICTION OF
TYPHOON SURGE



24

圖八b 有颱風且天文潮同時存在情況下模式預報至72小時台灣海域內水位及流速分布圖

NUMERICAL SURGE PREDICTION OF
TYPHOON TIM



83/07/10 2000
0083 07 07 2000C
HOUR= 72.00
STEP= 5760
VECT= 150.0

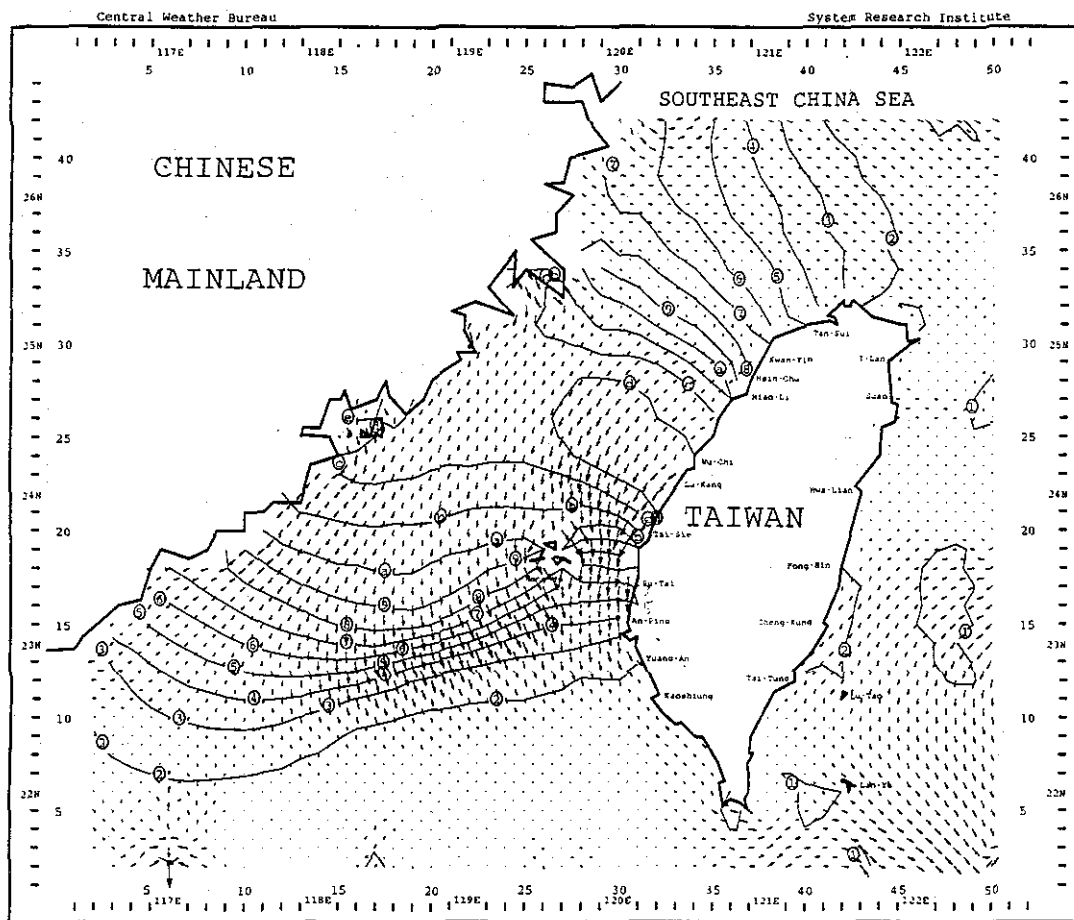
ISOLINE VALUES (cm)

1	-360.0
2	-330.0
3	-300.0
4	-270.0
5	-240.0
6	-210.0
7	-180.0
8	-150.0
9	-120.0
a	-90.0
b	-60.0
c	-30.0
d	0.0
e	30.0
f	60.0

25

圖八c 如圖七b只是海水位上升 1 公尺

NUMERICAL SURGE PREDICTION OF
TYPHOON TIM



83/07/11 0200

0083 07 07 2000C

HOUR= 78.00

STEP= 6240

VECT= 150.0

ISOLINE VALUES (CM)

- 1 -20.0
- 2 0.0
- 3 20.0
- 4 40.0
- 5 60.0
- 6 80.0
- 7 100.0
- 8 120.0
- 9 140.0
- a 160.0
- b 180.0
- c 200.0
- d 220.0
- e 240.0

圖九c 如圖七c，只是預報至78小時。

3.2 臺灣地區氣候資料之分析

3.2.1 一般氣象資料之分析

全球環境變遷與全球氣候之變化均是極具區域特性之現象，目前大眾十分關切的是我們生存的環境是不是有了變化。因此本章之重點即是一方面從時間上比較是否與過去有所不同，另一方面從空間上看看是否與其他地區之變化有所不一致。一般氣象要素中又以氣溫及降雨量最爲人們所熟知，而且紀錄也比較長久，因此首先蒐集國內外各氣象站之氣溫及降雨量紀錄，選取其中紀錄較久遠且完整之測站作代表。惟有許多著名地點之測站，可能因選站關係而缺乏長期連續之紀錄。有關臺灣地區一般氣象資料之分析方面，在“臺灣地區近百年來氣候之變化”一文中已有概略之敘述，茲將原文附載於本說明文件之附錄中之外，並將其結論列如下：

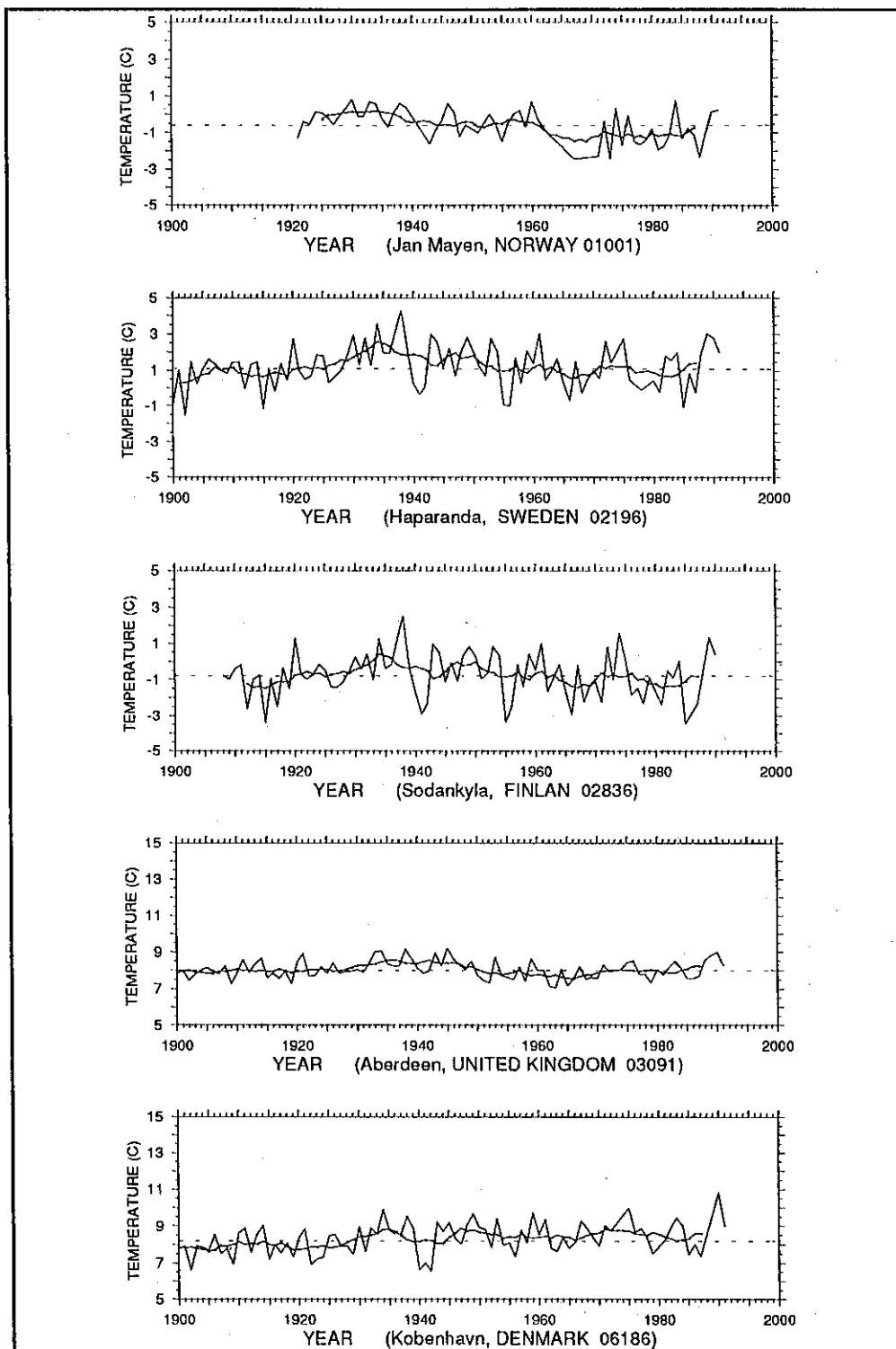
- (1) 全省平地及離島地區，自1920年代起氣溫有明顯逐漸升高之趨勢，至1950年代達最高點後，普遍略有回降之現象，至1970年代各站升降不一，到1980年代後，大城市有較大之氣溫升高現象，小市鎮及高山離島則升溫現象較不顯著而且中南部地區冬季氣溫變得較冷，夏季氣溫變得較熱，年較差逐漸變大。
- (2) 臺灣地區近三十年較前三十年，東北部地區降水量增加約 5%，中南部則減少約 10-20%。
- (3) 全省大部分地區（除高雄，嘉義，大武及蘭嶼）之日照時數，在近三十年間減少了約三、四百小時（15-25%）。一年中以五至十一月間，減少之量較顯著。
- (4) 雲量與日照之走勢略爲相背，惟近十年來臺中、臺南及阿里山確有同向之走勢，有待進一步之分析。
- (5) 氣壓平地變動微小，山地波動起伏則較大。
- (6) 相對濕度近三十年來除高山離島外，普遍下降了 2-5 %。
- (7) 近年來蒸發量在不同之地方，就其最近十年之趨勢看，約下降了有 100-400公釐之不等量。
- (8) 地中溫度在近三十年中，呈先降後升之趨勢，其起伏之程度較氣溫爲大。
- (9) 氣溫及降雨量均有近似兩年之週期振動及 44 年之長週期波。至於在十年以下兩年以上間，氣溫尚有 5.7 年之變化週期，而降雨方面之週期則較不一致，此表示降雨受地理因素之影響極大，各地有各地之特性，必須單獨處理。

參考國內外各氣象站之長期氣溫及降雨量紀錄，分析其趨勢及關連性。選用之測站列表如表四

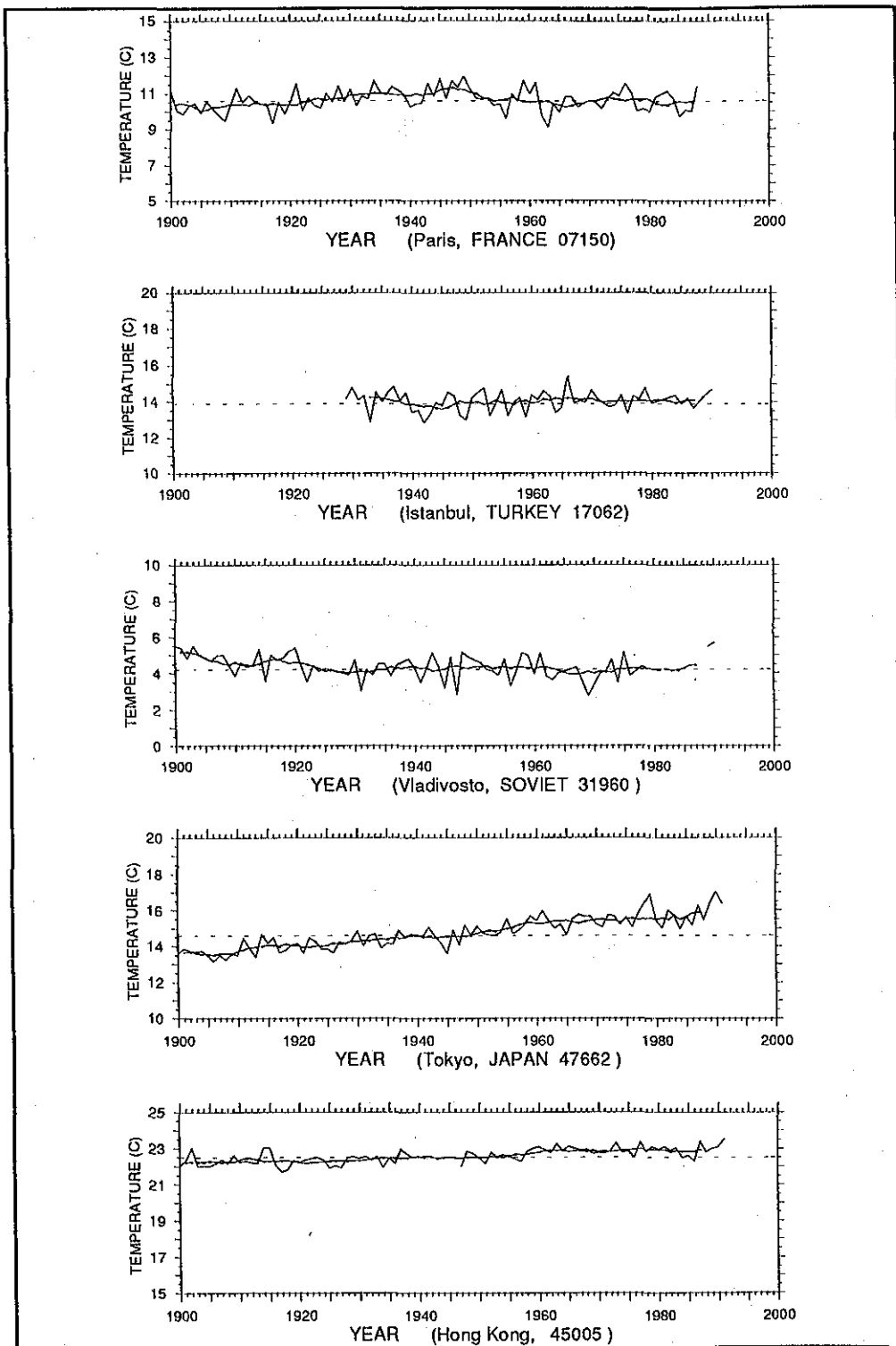
表四 國內外測站位置一覽表

測 站		緯 度	經 度
所在地點		度 分	度 分
挪 威	JAN MAYEN, NORWAY	01001	70 53 N 8 41 W
瑞 典	HAPARANDA, SWEDEN	02196	65 48 N 24 6 E
芬 蘭	SODANKYLA, FINLAND	02836	67 23 N 26 36 E
英國亞伯丁	ABERDEEN, UNITED KINGDOM	03091	57 11 N 2 11 W
丹麥哥本哈根	KOBENHAVN, DENMARK	06186	55 41 N 12 36 E
法國巴黎	PARIS, FRANCE	07150	49 0 N 2 23 E
土耳其伊斯坦堡	ISTANBUL, TURKEY	17062	41 0 N 29 6 E
蘇聯海參威	VLADIVOSTO, SOVIET UNION	31960	43 6 N 131 53 E
日本東京	TOKYO, JAPAN	47662	35 41 N 139 48 E
香港	ROYAL OBS, HONG KONG	45005	22 18 N 114 11 E
印度(北)新德里	NEW DELHI, INDIA north	42182	28 36 N 77 11 E
印度(南)波拿	POONA, INDIA south	43063	18 30 N 73 53 E
斯里蘭卡可倫坡	COLOMBO, SRI LANKA	43466	6 53 N 79 53 E
美國芝加哥	CHICAGO, U.S.A.	72530	42 0 N 87 53 W
美國艾斯菲爾	ASHEVILLE, U.S.A.	72315	35 23 N 82 30 W
紐西蘭奧克蘭	AUCKLAND, NEW ZEALAND	93119	37 0 S 174 48 E
澳洲達爾文	DARWIN, AUSTRALIA	94120	12 23 S 130 53 E
大陸江蘇上海	SHANGHAI, MAINLAND CHINA	58367	31 12 N 121 26 E
中華民國臺灣臺北	TAIPEI, R.O.C.	46692	25 2 N 121 30 E

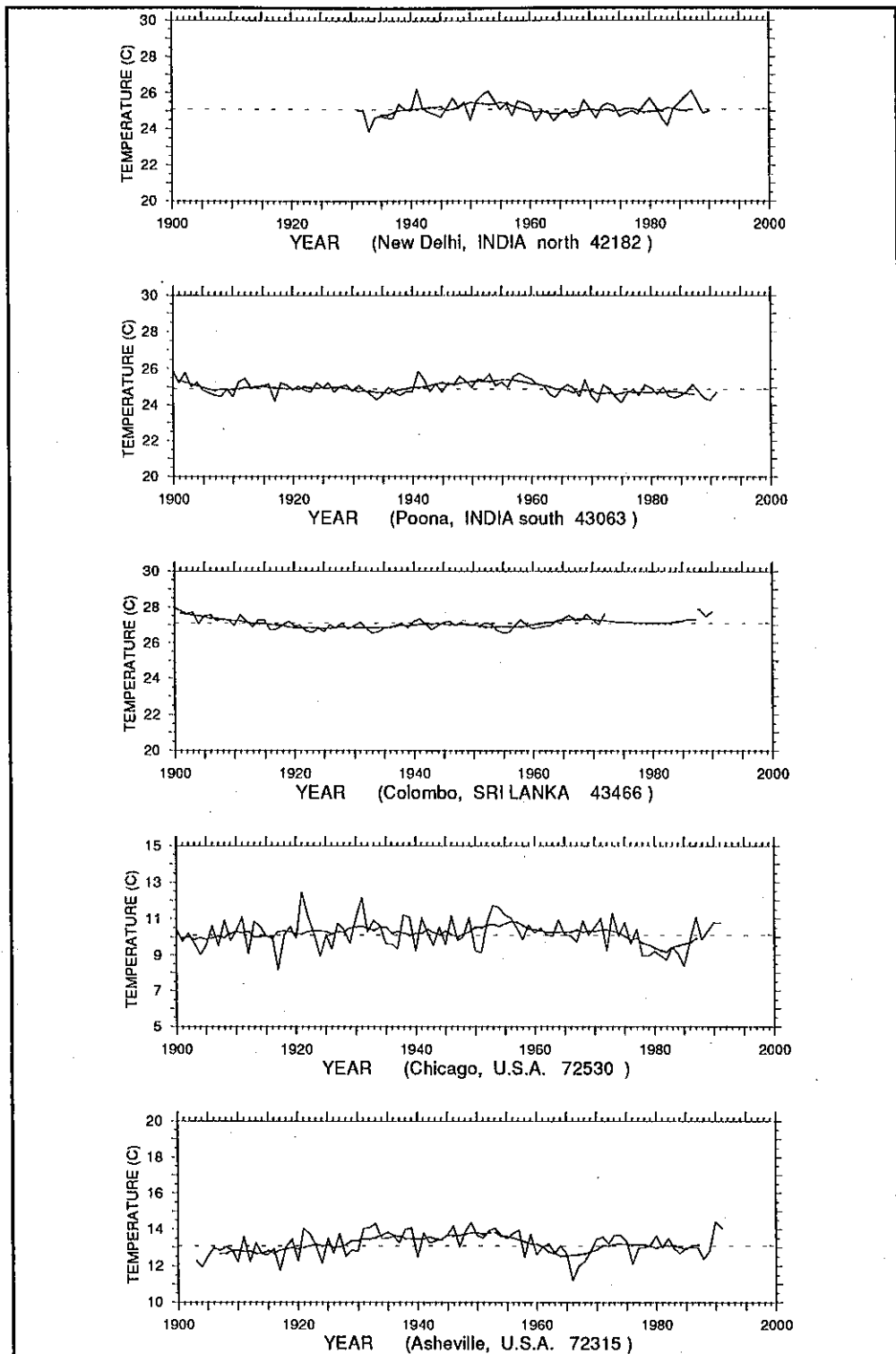
茲將各測站歷年氣溫及部分站之歷年降雨量趨勢繪如下列各圖（圖十及圖十一），圖中之虛直線代表累年平均值，實折線代表年平均值走勢，點折線則為九年移動平均值之走勢。中間缺漏資料部分則以前一年之統計值於予以替代。



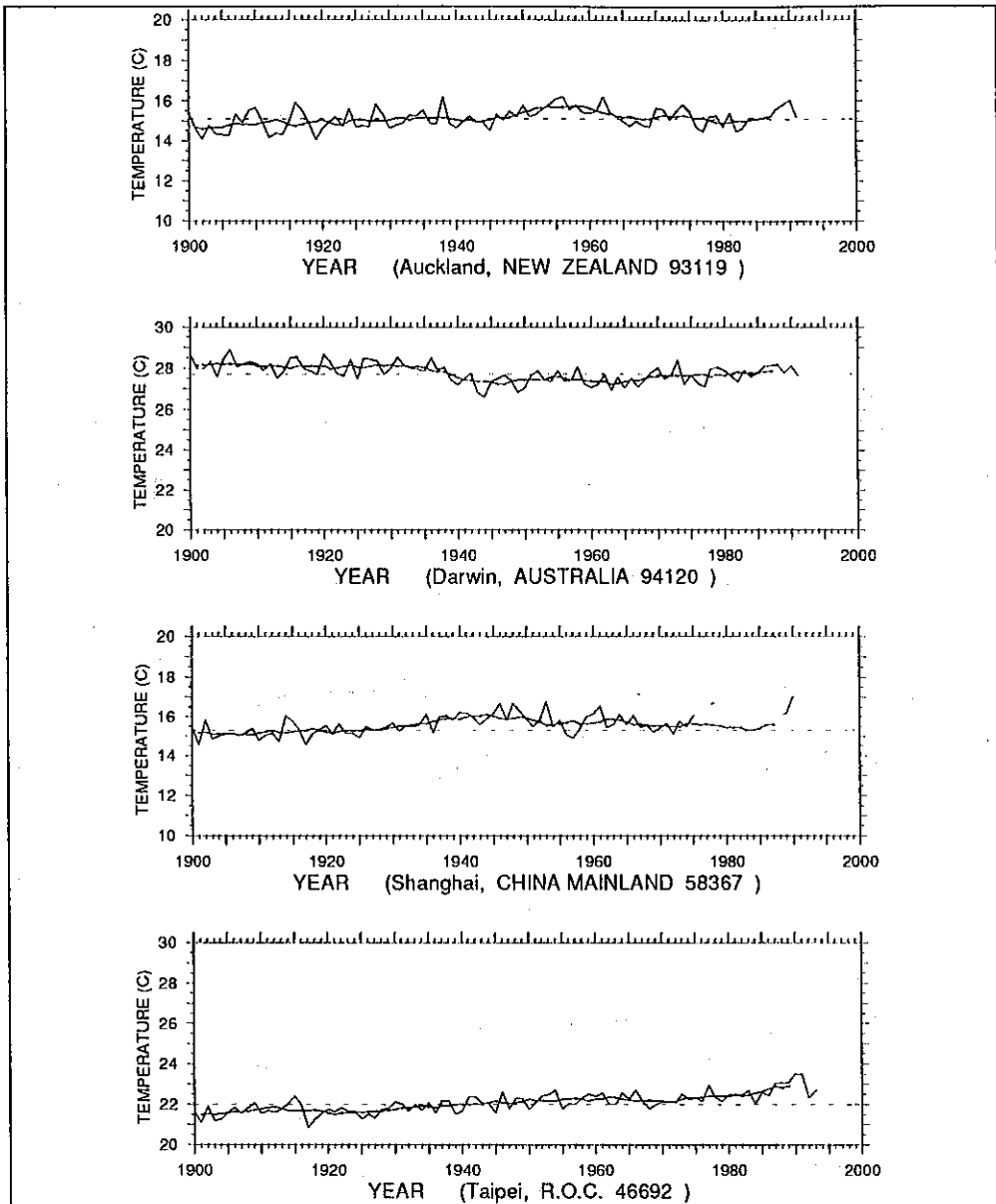
圖十 年平均氣溫逐年變化及其九年移動平均趨勢圖



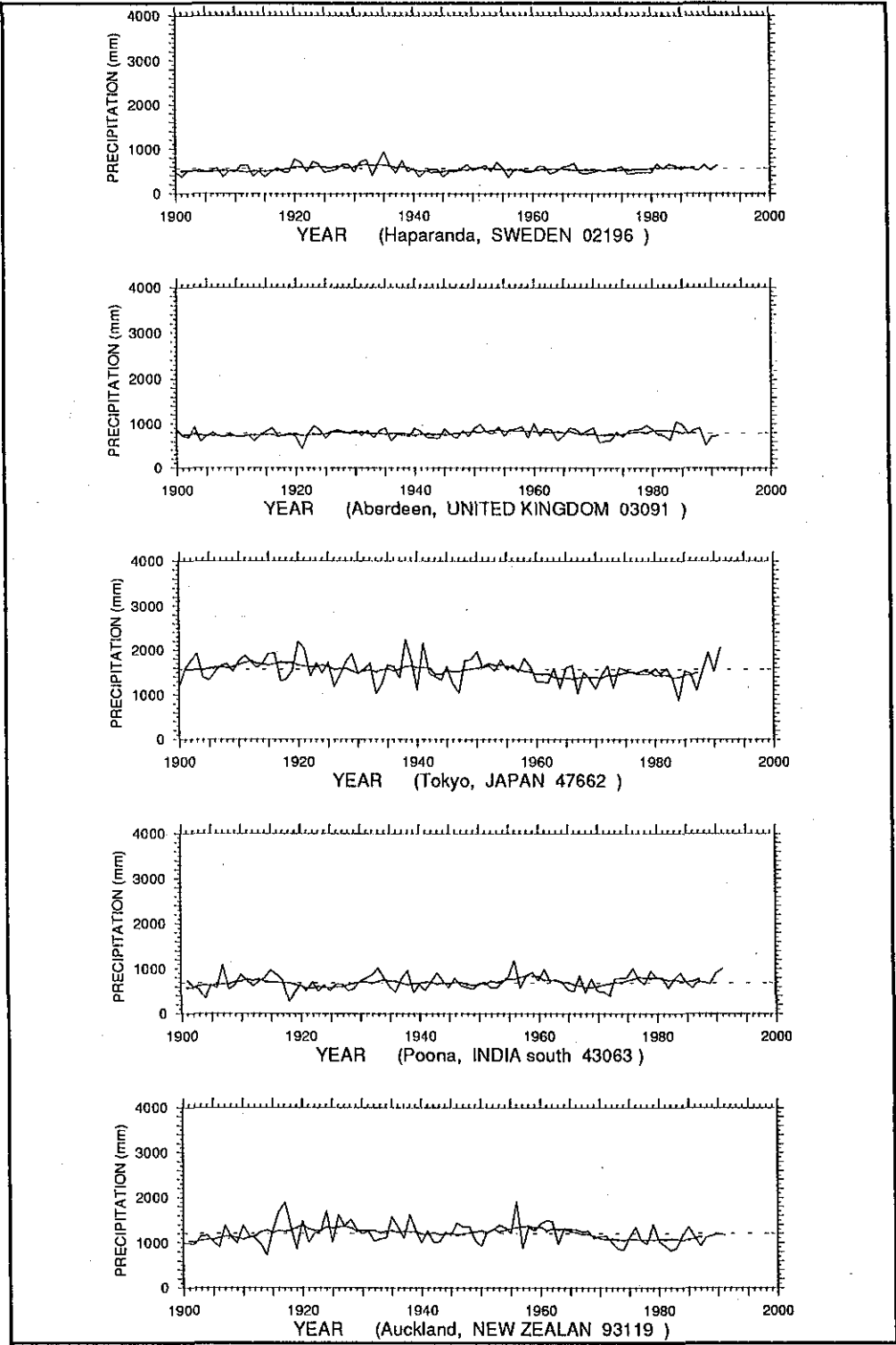
圖十 年平均氣溫逐年變化及其九年移動平均趨勢圖



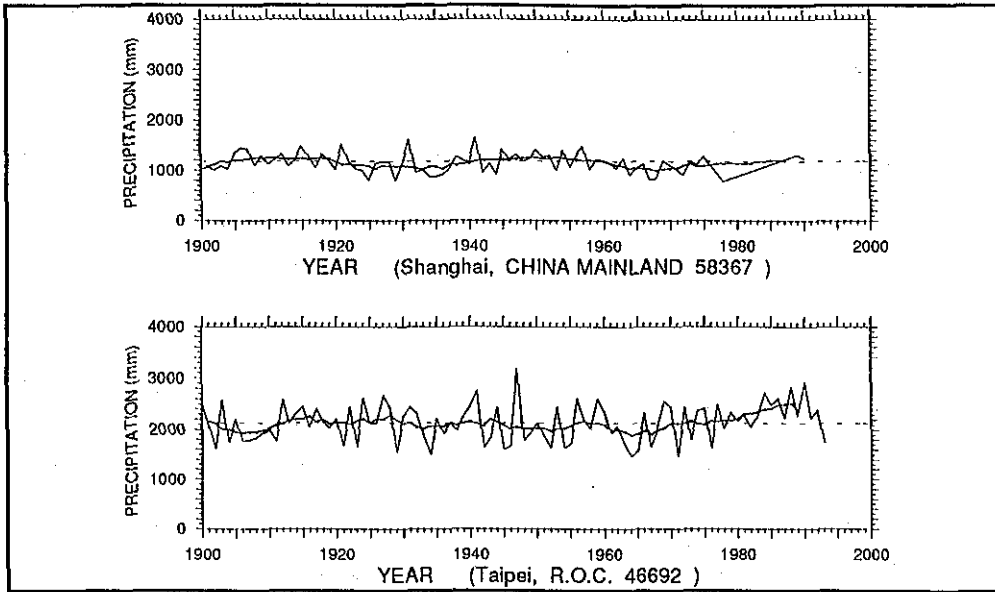
圖十 年平均氣溫逐年變化及其九年移動平均趨勢圖



圖十 年平均氣溫逐年變化及其九年移動平均趨勢圖



圖十一 年總降雨量逐年變化及其九年移動平均趨勢圖



圖十一 年總降雨量逐年變化及其九年移動平均趨勢圖

綜觀世界各地之氣溫變化（圖十），發現高緯度地區如挪威、瑞典、芬蘭等地的溫度變化，其幅度要較中低緯度地區為劇烈，例如 1938 年在北歐有一極高峰出現，隨後急劇下降，此現象在較低緯度之丹麥、英國、法國、美國、土耳其及南半球之澳洲與紐西蘭亦略有此趨勢，然而並不明顯。至於亞洲之海參威，東京、香港、印度、錫蘭及上海、昆明、臺北等地則並無此現象，可見氣溫之振動現象全球並不一致。又若從移動平均值所顯示之趨勢來看亦是十分不同，就拿南半球之澳洲與紐西蘭相比較，1970 年代以前之趨勢就相背馳，大自然為了維持其熱量的平衡狀態總是在不停的波動，多有此降彼升之情形，惟自 1980 年代之後氣溫才有較一致之上升趨勢。若從人類活動的歷史看，工業革命開始於十八世紀末葉，首先是機器使用的開始，當時能源主要尚以人力及水力為主，見諸自然環境的應該是殖民地農業的拓展，及至十九世紀煤及石油能源的開發與應用，始使得大氣中二氧化碳的增加有較顯著之現象，至二十世紀自動化之推廣，加速了全球各地的經濟及工業活動，大氣中的二氧化碳激劇的增加（參見 3.5），因此許多學者專家認為近年來之氣溫普遍升高的現象，與大氣中溫室氣體之增加有著密切的關係，但若比較圖十與圖十五之氣溫與二氧化碳之變化趨勢，卻並不具有一致之走勢。

降雨量之變化（圖十一）世界各地均無顯著一致性之上升或下降趨勢，臺北之降雨量自 1970 年代以後，有逐漸增加之趨勢，惟至 1990 年時似乎已達最高點，其後幾年略有逐漸減少的現象，然而近年來之人造雨研究作業，是否會影響到未來之降雨型態的改變，統計數值之偏離，亦或影響到其他自然現象之波動，都是值得注意的地方。

由過去之歷史紀錄可以看出來一個地方之氣溫或降雨的變化，總是圍繞著一些定值而上下起伏振動。雖然人類工業化產生了各種影響環境之因素，但大自然的現象始終是趨向於平均之狀態，因此今後之氣候變化，將會由於有人類之參與而使其波動的幅度加大、頻率加快。以下即擬使用波譜方法分析氣溫及降雨之變動週期，透過調和分析公式計算出未來年代之振幅數值。

從統計學上之時間數列的構成成份上看，時間數列是由長期趨勢、季節變動、循環變動及偶然變動四種成分所構成，氣候的變動若是使用時間數列來分析，則可以避免掉許多不確定原因現象的困擾，在長期趨勢方面由於大自然之氣候變化，在大數原則下，趨勢可能只是循環變動的一部分，只因他的波長太長，取用樣品紀錄的時間不夠長所致，有如目前大氣中二氧化碳之增加及行星旋轉軸的傾斜等問題，季節變動因為在此個案中均以年為單位故可略之，即使採用月或日之資料，其亦屬循環變動之一種，可以用移動平均方法予以消除，而偶然變動即不規則變動，如火山爆發、核子試爆、人造雨及颱風、地震等，它們對氣候變化的影響也是一種波，只是他們的波長太短，區域有限，很難將他們分離出來，這方面就非常需要使用動力模式模擬的研究幫助了。

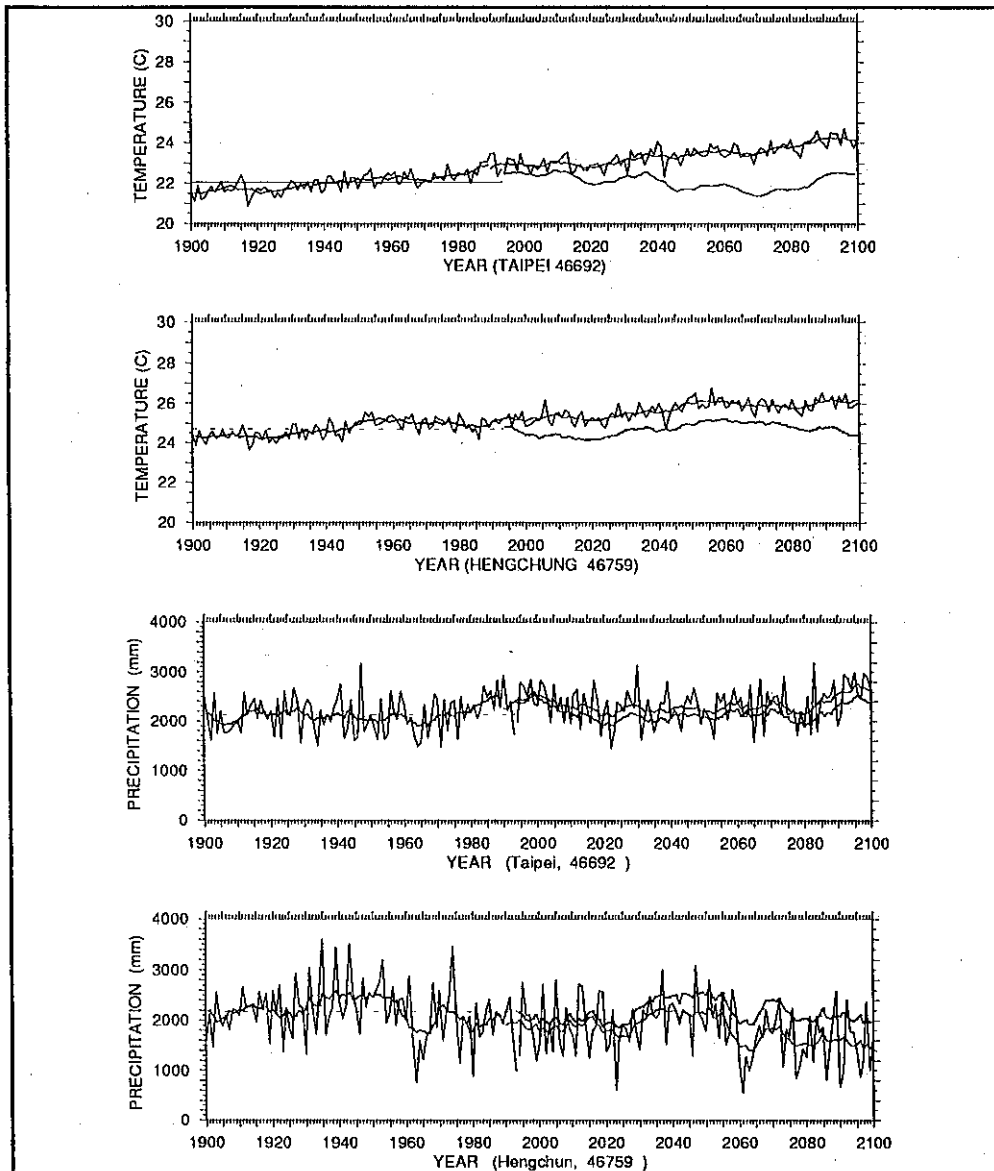
趨勢可以分為直線趨勢及曲線趨勢兩種，從氣溫及降水之歷史曲線看，因為選用資料時段之不同就會有很大的差異，如選用了上升趨勢之時段則預估值就會向上直升，如選了先升後降之時段，又選用了曲線迴歸方程，預估值則可能偏低許多。如今氣候紀錄只有九十餘年，卻要預估未來一百餘年之結果，方

法上不得不採用較保守的方式，首先就過去資料做趨勢及調合分析，利用產生之結果係數，在實測值與計算值之間做相關分析，其結果列如表（表五），發現不採用迴歸趨勢項者相關最差，採用直線迴歸式或曲線迴歸式者，相關都在0.46以上，當從氣溫上看，直線式優於曲線式。

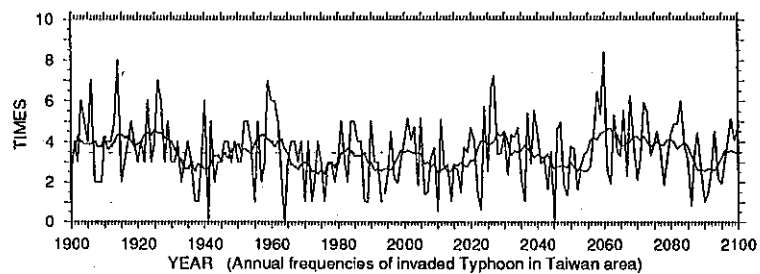
表五 歷年年氣溫及各期間降雨量實測值與預估值之相關係數一覽表

項目 期間	北部	中部	南部	東部	山地	海島	
	臺北	臺中	恆春	臺東	阿里山	澎湖	
年平均氣溫	直線	0.83	0.84	0.80	0.88	0.73	0.79
	曲線	0.84	0.78	0.46	0.74	0.78	0.72
	無迴歸項	-0.18	0.61	0.77	0.06	0.73	0.71
年總降雨量	直線	0.74	0.47	0.71	0.91	0.66	0.54
	曲線	0.81	0.47	0.71	0.91	0.66	0.55
	無迴歸項	0.40	0.59	0.39	0.27	0.63	0.55
一及二月降雨	0.63	0.65	0.66	0.44	0.49	0.58	
三及四月降雨	0.41	0.31	0.55	0.46	0.73	0.54	
五及六月降雨	0.66	0.60	0.81	0.84	0.57	0.48	
七至十月降雨	0.71	0.22	0.39	0.77	0.51	0.42	
十一及十二月降雨	0.45	0.33	0.52	0.59	0.65	0.38	

今將氣溫及降雨量之時間數列先消除長期趨勢（直線），再做調合分析，計算出各時間點上之循環變動值，最後將波動幅度、平均值及趨勢值加總，即得各年代之計算值，復將計算值予以九年之移動平均，以臺北、恆春兩站之氣溫及降雨為例，繪圖如圖十二，圖中自1994年後之折線即為各年之預估值，較平滑之細折線是含有長期趨勢（直線迴歸）之九年移動平均線，平緩之粗點折線則是未含長期趨勢預估值之九年移動平均線，兩者在一百年後之差，在氣溫上約有1.5°C之差距，在降雨量方面則有200-400 mm之差距。第四章結論中之未來氣候特性研判，即係按照直線迴歸之長期趨勢及調合分析之循環變動加總合併的結果，以描述未來之氣溫、降雨量及侵臺颱風次數之變化情形至2100年。其中侵臺颱風係指颱風中心在臺灣登陸；或雖未登陸，僅在臺灣近海經過但陸上有災情發生者。



圖十二 臺北及恆春氣象站年平均氣溫及年降雨量預估至2100年之趨勢..



圖十三 歷年颱風侵臺次數及預估至2100年之趨勢

3.2.2 二氧化碳及其他溫室氣體資料之分析

大氣中的水汽(H₂O)、二氧化碳(CO₂)、臭氧(O₃)、甲烷(CH₄)、氧化亞氮(N₂O)和氟氯碳化物(CFC)等氣體能吸收地球的長波輻射，同時對於太陽的短波輻射只有微乎其微的影響，是大氣主要的溫室氣體，長期以來使地球表面溫度能保持在適合生物居住的溫度。這些氣體中二氧化碳、甲烷、氧化亞氮和氟氯碳化物等的生命期很長所以能在對流層內均勻混合。自從工業革命以後大氣這些氣體的濃度已有明顯的增加(請參閱 表六)，在工業革命之前二氧化碳濃度為280ppmv(體積混合比百萬分率)，至1990年已增至354ppmv；甲烷濃度則從0.8ppmv增至1.72ppmv；氧化亞氮從288ppbv(體積混合比十億分率)增至310ppbv；氟氯碳化物從零增至目前的數百pptv(體積混合比萬億分率)。

表六 溫室效應的氣體濃度(Iloughton *et al.*, 1990)

氣體	工業時期以前	1980年	1990年	近幾年每年 變化百分率	2050年
CO ₂ (ppmv)	280	337	354	0.5	539
CH ₄ (ppmv)	0.8	1.57	1.72	0.9	3.24
N ₂ O(ppbv)	288	302	310	0.25	369
CFC ₁₃ (pptv)	0	173	284	4	546
CF ₂ Cl ₂ (pptv)	0	295	485	4	1070

水汽及臭氧是重要的溫室氣體，但並未包含在上述的討論中，主要是水汽含量和天氣系統有密切關係，它隨時間、空間變化很大，受人為影響很小，且平均壽命只有十天左右，故以全球及較長尺度的平均而言，其濃度沒有什麼變化；另外臭氧因人為的影響會改變其在平流層和對流層的含量，但從目前的觀測，要準確的估算其變化量仍有困難。至於其它較次要的溫室氣體如一氧化碳(CO)、二氧化硫(SO₂)、一氧化氮(NO)、二氧化氮(NO₂)等，其生命期較短，含量變化很大，且和局部地區之環境、工業及車輛排放有密切關係，是地區性空氣污染的來源，也會影響局部地區氣候的變化。

由於溫室氣體在大氣成份中是屬於微量氣體，其包括的氣體很多且涵蓋範圍很廣，故需要精密的儀器、技術及各國互相合作才能準確地測量和分析。為了蒐集、處理及交換全球各地溫室氣體之監測資料，於是世界氣象組織(WMO)於1990年在日本成立一個世界溫室氣體資料中心(WDCGG)，該中心將各地蒐集之溫室氣體資料經過分析、品管及處理之後，再傳送給全球各地的使用者，我國目前亦有該中心的資料。

在測量溫室氣體的濃度方面，其條件除了要精密的儀器和技術之外，還必須選擇大氣幾乎無污染的地方，才能測得較正確的濃度，此和環保單位及本局臺北、成功之空氣品質監測站之觀測情形不同，在污染地區測得之氣體濃度值通常會較高且變化很大，如本局臺北、成功站二氧化碳之觀測，其平均濃度多在 360ppmv 以上，且臺北高於成功，皆較世界溫室氣體資料中心之測值為高。另外本局於 1993 年 11 月至 1994 年元月委託交通大學王念夏、謝有容教授等人測量蘭嶼地區的甲烷濃度，其平均值為 1.77ppmv，此與各國的測值相當接近。

爲了長期監測臺灣地區溫室氣體及背景大氣濃度的變化，本局於民國八十一年展開規劃，並於民國八十二年四月奉行政院核定，同年七月開始執行「氣候變遷監測計畫」，此計畫之重要工作之一即在蘭嶼氣象站建立背景大氣自動觀測站，包括各項儀器設備的設計、購置、安裝和資料處理及分析等。爲了將計畫執行得更爲完善，本局已邀請國內外專家學者參與規劃，並請學校教授協助進行人員訓練、儀器校正、資料收集與分析研究等工作。本計畫第一年已完成監測二氧化硫、一氧化碳及臭氧等氣體之儀器安裝及測試，目前儀器運作十分良好，第二年將進行二氧化碳、一氧化氮及二氧化氮等氣體之監測儀器安裝。這些儀器之精確度極高，可測得溫室氣體的濃度和變化量，並與各國合作和交換，以建立本區長期性溫室氣體的資料及分析技術。

3.3 大氣增溫型態之演變分析

如果地球表面沒有大氣層的存在，則地面上的熱平衡就完全仰賴於輻射的作用，太陽輻射使地面加熱，而地球表面卻因輻射紅外線而冷卻。當兩種輻射達平衡時，估計地球表面的平均溫度大約是 -18°C 。但是由於地球表面包有大氣層，大氣層裏含有吸收紅外線輻射的氣體存在，這些氣體吸收紅外線輻射後，有部分的輻射會再返回到地球，使地球表面增溫，此即為溫室效應。由於溫室效應的存在，使地球表面的平衡溫度為 15°C ，遠高於 -18°C 。而會吸收紅外線的氣體稱為溫室氣體(greenhouse gases)。大氣中主要的溫室氣體包括有水汽、二氧化碳(CO_2)、甲烷(CH_4)、氧化亞氮(N_2O)和氟氯碳化物(CFC_s)等。根據美國夏威夷Mauna Loa Observatory從1958年開始的觀測，估計 CO_2 每年大約增加0.5%。又由挖取南極冰核，分析 CO_2 的含量，可以發現 CO_2 的增加，主要是發生於十九世紀初之工業革命。如果再和人類燃燒石化燃料的增加比較，則發現兩者之趨勢相當一致。所以大氣中 CO_2 的增加可說是由於人類活動，燃燒石化燃料的結果。因為 CO_2 是溫室氣體。根據溫室效應的假設， CO_2 增加，地球表面溫度應該是增暖的。

最近有很多研究中心使用各種數值模式，採用逐年增加 CO_2 含量的方法，估計到工業革命前的2倍。大部分的數值模式結果顯示，全球溫度將上升 1.5°C 到 5°C 之間。溫度上升的幅度和模式的大小無關，只是由於模式中對某些物理現象的假設不同所致。例如：英國氣象局的氣候模式本來預測將上升 5°C ，但是如果改變雲中冰含量的假設，溫度上升的幅度就只有 2°C ，和原來的結果相差很多。所以數值模式的輸出仍有許多不確定性存在。

事實上，吸收紅外線輻射最主要的大氣成份是水汽，水汽的溫室效應比 CO_2 、 CH_4 、 N_2O ...等溫室氣體的效應要大很多。不過水汽在大氣中常凝結成雲，雲則會反射入射的太陽輻射，這現象對全球溫度是具有冷卻的作用。甚至於水汽對全球溫度的增暖和冷卻相抵消後的量，都還比溫室氣體的作用還大，所以對全球溫度影響的主角應是水汽而不是 CO_2 等溫室氣體。因此數值模式裏最需要掌握的是水汽循環的物理假設。例如最近有人提出當地面增溫時，水蒸發，產生對流雲，水汽把地面的熱往上帶，地面雖冷卻，但大氣5公里左右卻增溫，然而大氣又藉著輻射冷卻，所以這樣的水循環會使增暖的溫度下降。如果地面溫度不能藉水汽之對流作用而冷卻，估計溫室效應將使全球溫度上升到 72°C ，這溫度又遠高於實際的 15°C 。所以水汽的循環對全球溫度有很大的調節作用。溫室氣體所產生的溫室效應有可能微不足道。因此數值模式的全球增溫結果，可靠度仍有限。尚須進一步的研究改進。

根據氣候變化政府間討論小組IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)的估計，近百年來全球溫度大約上升 0.5°C 左右，其他很多學者的估計也近似這個數值。所以近百年來全球溫度確實有增加的趨勢。尤其是1980年以後，全球溫度的增加很顯著。主要由於1980年以後南方振盪(ENSO)發生的頻率比以前高很多。因為由研究顯示，ENSO發生後大約半年，全球溫度會顯著地增溫，但是尚不知為什麼1980年以後ENSO的發生會比較頻繁？又近百年來全球溫度並不是隨著溫室氣體的持續增加而一直在增溫狀態。以30年以上長週期言，在1890年、1970年左右，全球溫度是下降的。也就是說全球溫度的變化，主要仍受大自然本身變動的韻律所支配，人類活動對大自然的影響仍小。

至於臺灣地區的平均溫度，都會地區平均溫度有比較顯著的上升，如臺北、高雄。而一般鄉鎮或離島平均溫度上升有限，甚至於有微幅下降，如恆春，澎湖。所以臺灣地區平均溫度的升高和都市發展有強烈正相關性。又ENSO的發生和臺灣地區的溫度上升也有正相關。假定ENSO發生頻率比照1980至1990的情況，溫度趨於較暖的情況，又假定臺灣地區的都市發展仍繼續，則比照近十年臺北上升溫度 0.1 度左右，則到2000年臺北溫度近似 22.9°C 。因為1980至1990臺北平均溫度是 22.7°C 。以此外推到2100年臺北溫度將達 23.9°C 。此種溫度的推測主要是由於都市發展的影響，可能和全球溫度的變化沒有很大的關係。也就是臺灣地區本身環境的變化，才是臺灣地區溫度增暖的最主要因素。

3.4 氣象災害資料之收集與統計

3.4.1 氣象災害概說

氣象災害與其它的自然災害同是人類最大的殺手，它常造成人民生命財產的重大損失。古今中外，這種嚴酷的例子不勝枚舉。隨著社會經濟的發展，物質財富累積的增加，生活水準的提升，它對人類社會經濟的威脅和造成的損失也急速地增大。據Simpson和 Pielke (1976) 之分析，美國因受到颱風侵襲而造成的經濟損失，從四十年代到七十年代的三十年間，有呈指數增加的趨勢；七十年代末期因颱風造成的經濟損失，平均每年超過八億美元，約為四十年代初期的五倍。又據美國聯邦政府國外救災總署(OFDA)之調查，亞太地區於1964—1986年間共發生708次各種天然災害，造成120萬人死亡，直接的經濟損失高達180億美元；其中，因颱風所導致的災害計有225次（占總發生次數的 31.8 %），造成40萬人死亡（占總死亡人數的1/3），7400 萬人受到影響，直接的經濟損失約為 45 億美元（占總損失的1/4）（Typhoon Committee, News letter No.2, 1990）；由此可知，於亞太地區颱風災害之發生是相當地頻繁，對人類的危害亦極嚴重。

另根據聯合國之調查，過去二十年中，全世界因天然災害之發生而造成約三百萬人之死亡，並直接影響了八億人的生計；尤其在1986及1987這兩年中全世界就發生了 110次嚴重的天然災害，且均屬世界級的災難，例如非洲撒哈拉的嚴重旱災、孟加拉遭受本世紀最嚴重的水災以及亞美尼亞發生毀滅性的大地震等，這種天然災害之發生對開發中國家的影響最為嚴重。

英國著名的經濟學人週刊 (The Economist)於1987年2月亦曾報導瑞士再保險公司(Swiss Reinsurance Company)之統計，自1970至1985年間，全世界共有2305件重大災難發生，因而導致 150萬人死亡（其中有95%是肇因於天然災害），無家可歸者高達5,000萬人，財物之總損失高達7,000億美元，但經保險而獲得理賠者僅260億美元。

另據調查，美國加州地區於1970至2000年之間，其坡地若不採取植被或加固等防護措施，其災害損失金額可能高達 553億美元；若投資62億美元從事災害預防工作，則可減少384億美元之損失，其本益比高達6.2，故先進國家近年來對天然災害的防治相當地重視。

由上述之說明，我們了解在人類生存的地球這個行星系統之各個圈層（大氣圈、水圈、岩石圈、生物圈）中，經常發生各種各樣的天然災害，其中氣象災害之出現不僅頻率高、範圍廣、危害重，而且還會引發其它的災害（二度或再生災害），因此它具有原生災害的特性。災害天氣現象有如颱風、豪雨、乾旱、寒潮等之發生頻繁，常造成生命財產之重大損失。

3.4.2 小結

1961—1991共計三十一年間，臺灣地區因氣象因素（包括颱風、異常降水、寒潮、乾旱、突變強風、龍捲風、冰雹、海水倒灌等）導致農業、房屋、鐵路、水利、港埠、漁業、電力電信、公路及其他（包括工商、主要風景區及山地農牧）等之災害損失統計如表七（其中水利及房屋之損失係為估計值），各項損失金額，均已換算成以1991年臺灣地區消費者物價指數為標準的實質貨幣，由此可知在此三十一年間，平均每年氣象災害的直接損失為新臺幣142億元；其中水利設施之損失占44.0%為最多，農業損失占31.6%次之，房屋損失占8.7%居第三。這些損失主要是由七至十月之颱風（約占70%）及五、六月之豪雨（約占26%）所造成，乾旱與寒潮所造成之損失則各約占2%。雖然氣象災害所造成之人員傷亡與房屋損毀數目有逐年減少的趨勢，但水利設施與農業等之損失卻沒有逐年減少。

由表七知1980~1991年的災情資料最為完整，而在這十二年之中，以1986年的災害損失最為嚴重，達新臺幣405億元，相當於該年國民總生產毛額的1.21%；1980年最少亦有新臺幣53億元的損失，為當年國民總生產毛額的0.26%。就此十二年的平均而言，年平均氣象災害損失達新臺幣150億元，相當於國民總生產毛額的0.47%，此數值相當驚人，足見氣象災害對國家經濟成長的衝擊之大，應予以重視。這十二年間，臺灣地區每位國民平均每年負擔的氣象災害損失為新臺幣776元（表八）。（詳見附錄5.4）

表七 臺灣地區近三十一年來因氣象因素導致各項災害損失金額（1991年實質貨幣）一覽表（1961~1991）

（金額單位：新臺幣萬元）

類別 年份	農 業	漁 業	水 利	電信 電力	交 通	房 屋	其 他	合 計
1961	241743	-	-	-	18106	625363	-	885212
1962	224478	-	-	-	8282	399950	-	632710
1963	751489	-	-	-	21860	463131	-	1236480
1964	96591	-	-	-	1693	3862	-	102146
1965	189001	-	101756	-	7975	241691	-	540423
1966	349129	-	1331390	-	1190	36648	-	1718357
1967	424943	-	100931	-	5808	114557	-	646239
1968	364933	-	688984	-	6253	43775	-	1103945
1969	1430245	-	955678	-	19627	592599	-	2998149
1970	354139	-	661478	-	5774	49849	-	1071240
1971	695597	-	833854	-	9134	194259	-	1732844
1972	357140	-	768873	-	3661	36009	-	1165683
1973	225650	-	396235	-	9069	33993	-	664947
1974	309442	-	497883	-	10562	12943	-	830830
1975	1027289	58758	457271	-	4645	70672	-	1618635
1976	204108	31876	632190	-	4399	11921	2575	887069
1977	452424	147873	974416	152761	245052	365074	26246	2363846
1978	47219	3077	143480	-	885	113	2866	197640
1979	57047	30321	237393	-	2029	7787	2799	337376
1980	137000	126535	236309	11077	5334	11585	5530	533370
1981	317651	145663	1178348	2183	142186	33994	58662	1878687
1982	433970	59601	698228	31253	77963	15304	19183	1335502
1983	486474	25065	205207	8317	59154	1	3774	787992
1984	131332	2410	362705	14668	40327	1332	112873	665647
1985	220025	132111	417944	38941	57443	499	51049	918012
1986	1864926	779337	863544	53342	88988	390528	10872	4051537
1987	467015	77588	440695	27511	99179	20606	9231	1141825
1988	309354	86661	649215	18013	63456	1852	7312	1135863
1989	539757	161564	1485411	51377	79327	14558	7742	2339736
1990	665620	84853	1256507	73392	218183	5401	9083	2313039
1991	508255	21326	318155	25356	80382	1995	5520	960989
合計	13883986	1974619	16894080	508191	1397926	3801851	335317	38795970
年數	31	17	27	13	31	31	16	
平均	447871	116154	625707	39092	45094	122640	20957	1417515
百分比	31.6%	8.2%	44.0%	2.8%	3.2%	8.7%	1.5%	100%

註：1. 依C3(臺灣地區消費者物價指數)核計
2. "-"表資料缺

表八 臺灣地區最近十二年來氣象災害(1991年實質貨幣)指標
(1980~1991)

年代	損失金額(萬元)	國民生產毛額 (GNP, 百萬元)	占GNP(%)	人口數 (萬人)	負擔金額 (元/人)
1980	533370	2,084,534	0.26	1781	299
1981	1878687	2,122,426	0.89	1814	1036
1982	1335502	2,218,370	0.60	1846	723
1983	787992	2,425,060	0.32	1873	421
1984	665647	2,730,855	0.24	1901	350
1985	918012	2,904,882	0.32	1926	477
1986	4051537	3,355,860	1.21	1946	2,082
1987	1141825	3,752,718	0.30	1967	580
1988	1135863	4,040,626	0.28	1990	571
1989	2339736	4,282,524	0.55	2011	1163
1990	2313039	4,482,726	0.52	2036	1136
1991	960989	4,831,233	0.20	2055	468
平均	1505183	3,269,318	0.47	1928	776

註：金額已依C3(臺灣地區消費者物價指數)折合1991年實質貨幣

3.5 大氣中二氧化碳濃度倍增環境條件下大氣環流之改變

利用全球環流模式 (General Circulation Model, GCM) 的模擬，是目前研究溫室效應變化與氣候變遷的主要工具。全球環流模式依海洋邊界處理方式可分為兩種類型，一為 AGCM，含較簡單的海洋邊界處理。另一為 AOGCM，乃大氣及海洋耦合的複雜模式。透過模式大氣中溫室氣體的改變我們可以分析及預估人類活動對氣候變遷的可能影響。

本節就有關二氧化碳濃度變化及環流模式預測方面，依前人的結果做一簡單的回顧。

3.5.1 二氧化碳濃度變化

大氣中的二氧化碳亦為溫室氣體的一種，主要的變化受地球上生物、物理及工業的過程影響。海洋是二氧化碳的主要消耗匯(Sink)而工業過程則是主要的排放源(Source)。生物圈在二氧化碳的濃度變化上同時扮演著排放源與消耗匯的角色。在氣候變化的評估中，溫室氣體的排放值與此氣體在大氣中的生命期為影響結果的兩大主要因素。因此，本節將就文獻上對二氧化碳在過去的排放值、未來的預估排放值與其在大气中的生命期與其對大氣環流造成的影響進行評估。

Subak et al (1993)估計1998年的情形，二氧化碳的年排放量在水平分布上以美國最多，約占全球的百分之二十。歐洲的排放量略少於美國，約為全球的百分之十九，臺灣地區的排放量只占全球的百分之0.4。

在二氧化碳的收支方面，主要來源是石化工業，而主要的消耗匯(Sink)為海洋。對大氣中二氧化碳濃度的測量自1958年開始於 Mauna Loa，測得的值為315ppmv以每年0.6ppmv的速率增加。增加率在1960年代為 0.828ppmv，1970年代為 1.282ppmv，1980年代增至 1.591ppmv。但是到了1990年代增加率卻減為 0.6ppmv，濃度為355ppmv。這些數據主要指出二氧化碳的增加係來自石化工業的發展。

在長期的氣候資料上，二氧化碳的含量可以從極地的冰核中量測。在過去一千年，二氧化碳濃度大約為 280ppmv，在10至15ppmv的範圍內變化。和工業時代比較約有75ppmv的差距。圖十四和圖十五分別為長期的氣候估計值與1958年以後的測量估計值。

由過去的觀測與未來的人口、工業發展等共有多種方式來估算未來的二氧化碳估計值。圖十六係由IPCC(1992)年報告的六種可能的估計值。這些估計值可用來進行數值模式模擬的條件之一。

3.5.2 大氣環流改變

從二氧化碳的改變與溫度變化間(圖十七, Barnola et al 1987; Barnola et al 1991) 顯示二氧化碳的濃度變化與大氣溫度變化有非常好的相關, 同時也顯示這兩者之間沒有時間上的相位差現象。此種高度相關的結果顯示此溫室氣體對大氣性質的影響為立即性。

溫室氣體對大氣的影響一般稱為“輻射驅動”(Radiative Forcing), 亦即表示當這些氣體的濃度發生變化時, 對地球大氣氣候系統的輻射能量收支不平衡所造成的影響。

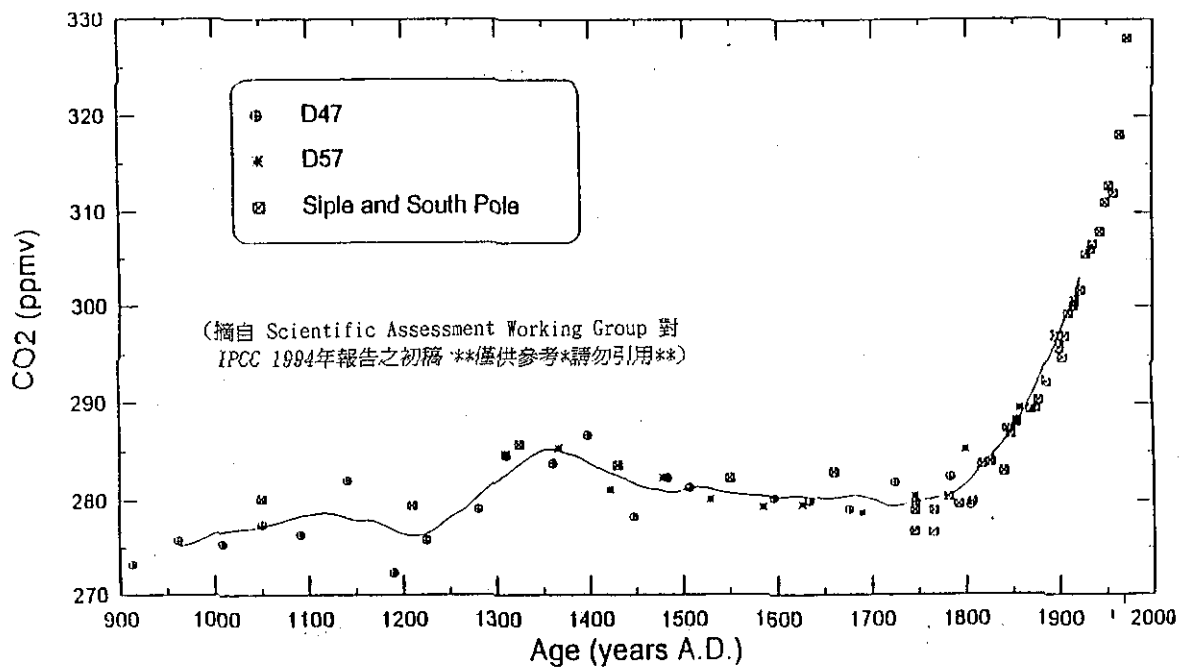
利用上一節綜合估計的公元2050年之二氧化碳濃度, AGCM 估計全球年地表氣溫將比現今氣候值增約加 4°C, 如果以 AOGCM估算則增溫幅度略減為 2.5°C。一般而言全球平均雲量有下降的趨勢, 總雨量及大氣溫度則略為上升。換言之, 全球大氣將比現在溫與溼。表九與表十(摘自行政院環境保護署委託研究報告 EPA-83-E3-02-03-20; 臺灣地區氣候變遷因素之初步評估及基本科技資料建立先期計畫) 分別表示1990年與2050年的年平均變化及夏季與冬季的變化。

亞洲(臺灣)地區的變化可由圖十八顯示, 在冬、夏兩季分別升高3.5至4°C 與3至3.5°C左右。而降雨量在冬季少約5~10%夏季則增右5%至10%之間。

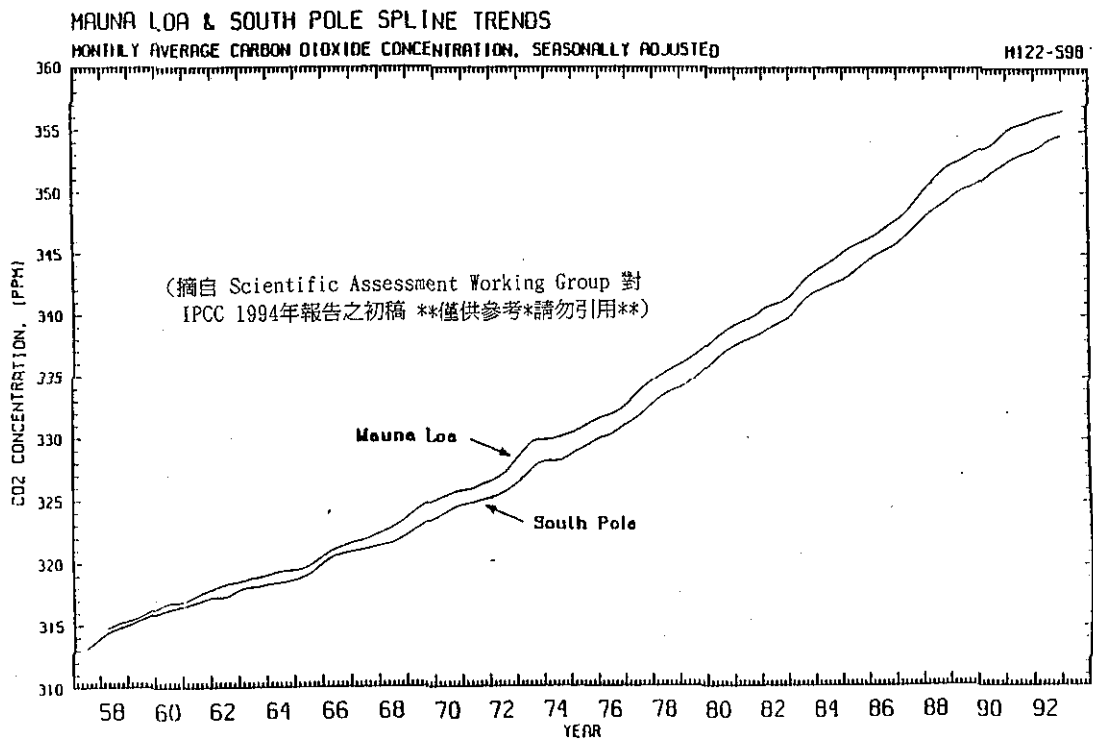
除了數值模式以外, 經驗式或半經驗式, 也是預估氣候變遷的方法之一。吳(1994) 歸納臺灣地區 12個月份的臺灣氣候與大氣環流間的關係(表十一)。再由模式模擬公元2050年的結果推測臺灣地區的區域氣候改變。各月份的特性歸納如表十二。由表十二的結論可以瞭解2050年臺灣地區的溫度全年有上升的趨勢, 但是冬季不明顯。冬季至梅雨季在中西部的降雨可能減少, 其各月之溫度及降水與1990年之比較繪如圖十九與圖二十所示。

3.5.3 小結

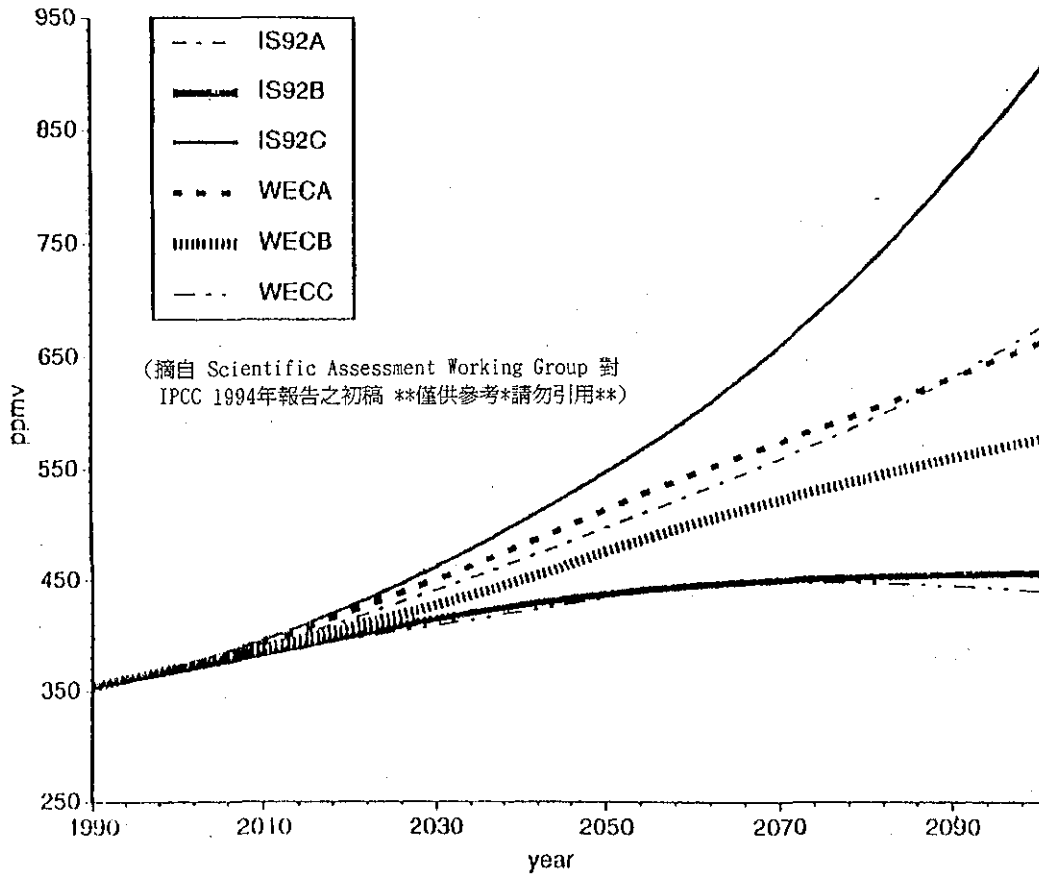
綜合上述的二氧化碳濃度變化趨勢及全球環流模式的模擬報告, 顯示臺灣地區到2050年時, 冬季氣溫約有3.5~4°C, 夏季3~3.5°C的上升趨勢。雨量方面在冬季則有減少5~10%、夏季增加5~10%的趨勢。而半經驗式的評估亦有類似的趨勢顯示。因此從模式的評估報告, 可歸納出於公元2050年時, 臺灣地區的氣候將有可能變為高溫及冬乾夏濕的型態。



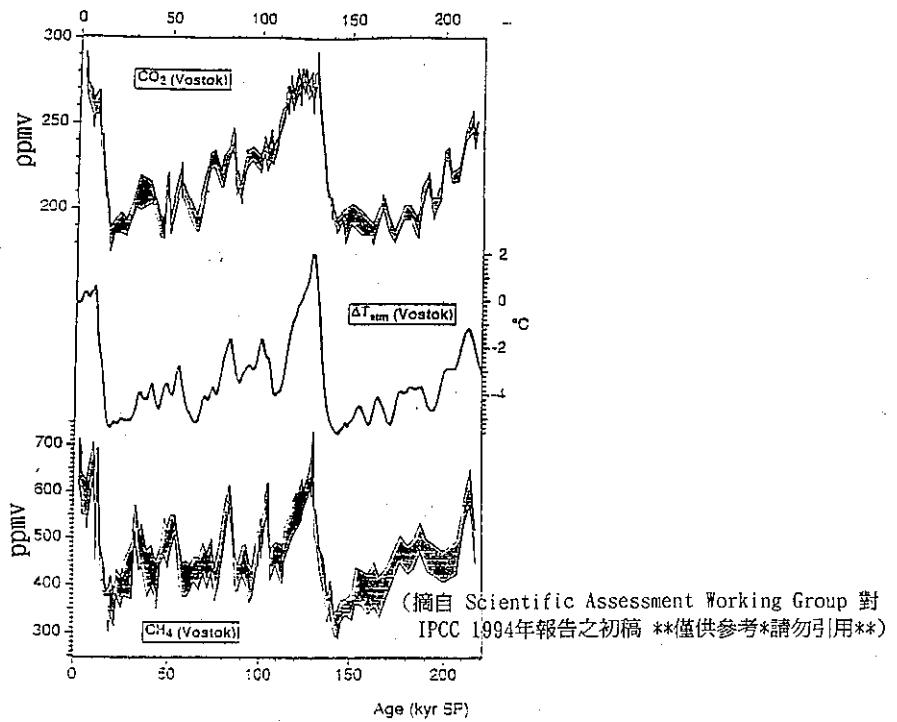
圖十四 從南極冰核中量得的過去1000年的二氧化碳濃度



圖十五 1958年以後南北半球的二氧化碳月平均濃度



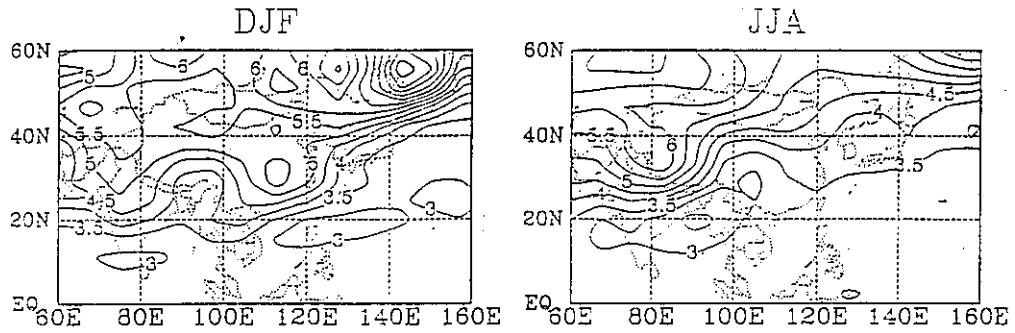
圖十六 六種 IS92 與 WEC 濃度模擬結果及比較



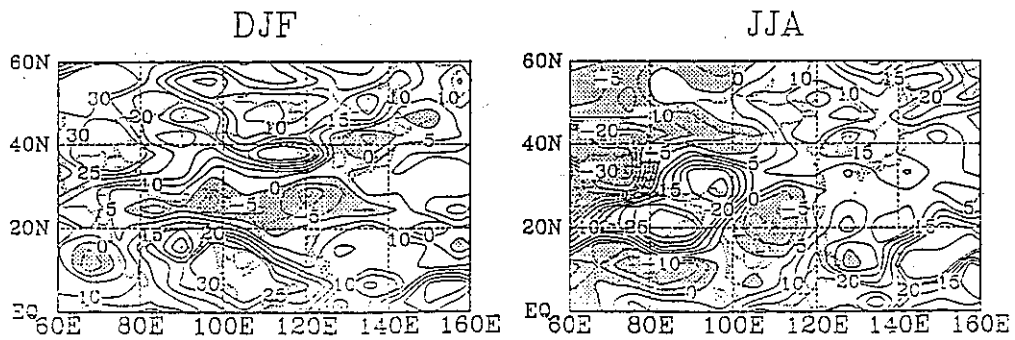
圖十七 過去 220,000 年的二氧化碳濃度變化 (冰核中量得)

The GCM Calculated Difference
Between 1990 and 2050

Surface Temperature (°C)

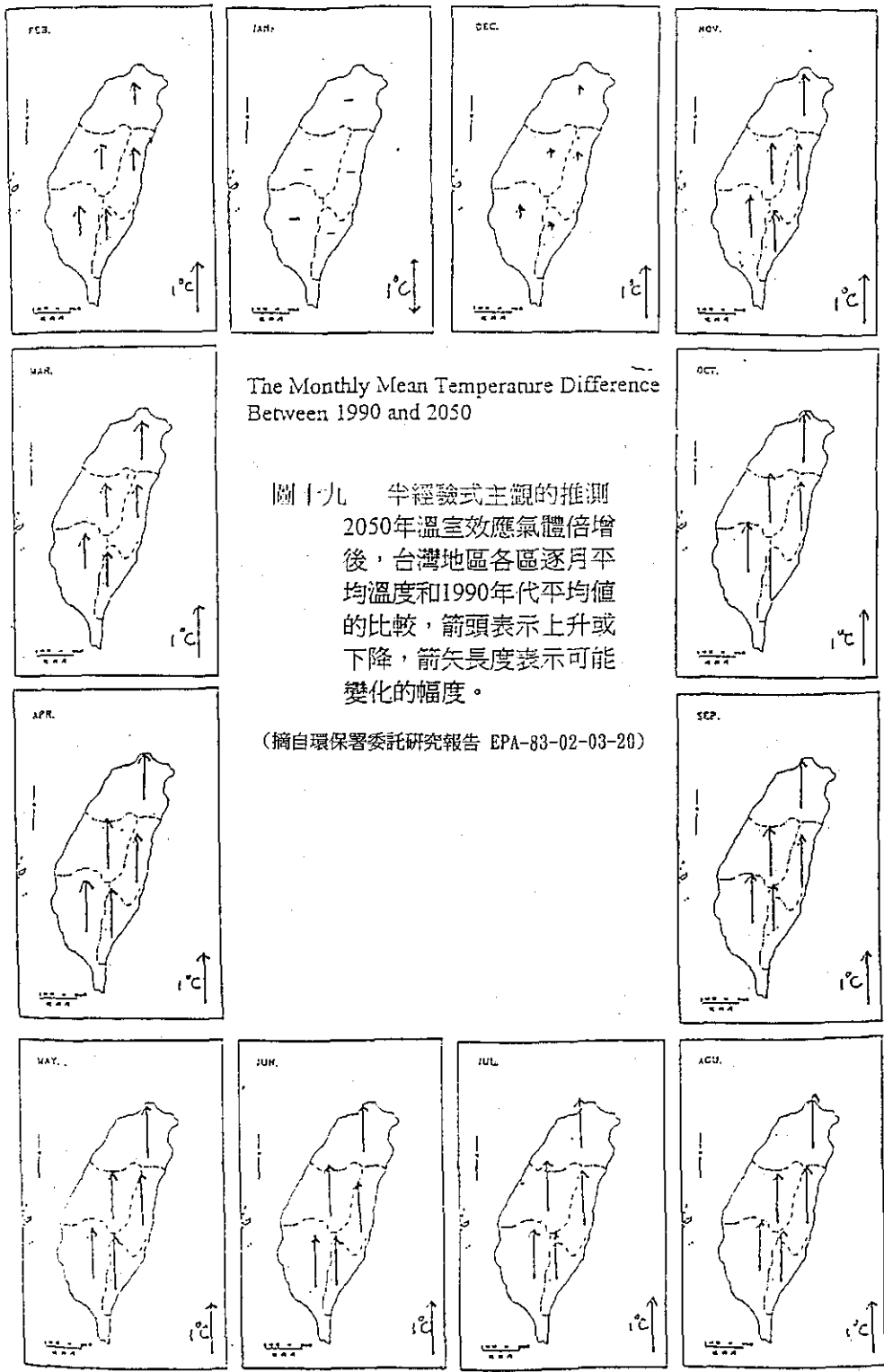


Precipitation (%)



圖十八 GCM所模擬出之1990年至2050年間由於溫室氣體濃度增加而導
致的溫度與降雨量改變，分別為6月至8月(JJA)和12月至2月兩個
時間區段。(Wang et al., 1992)

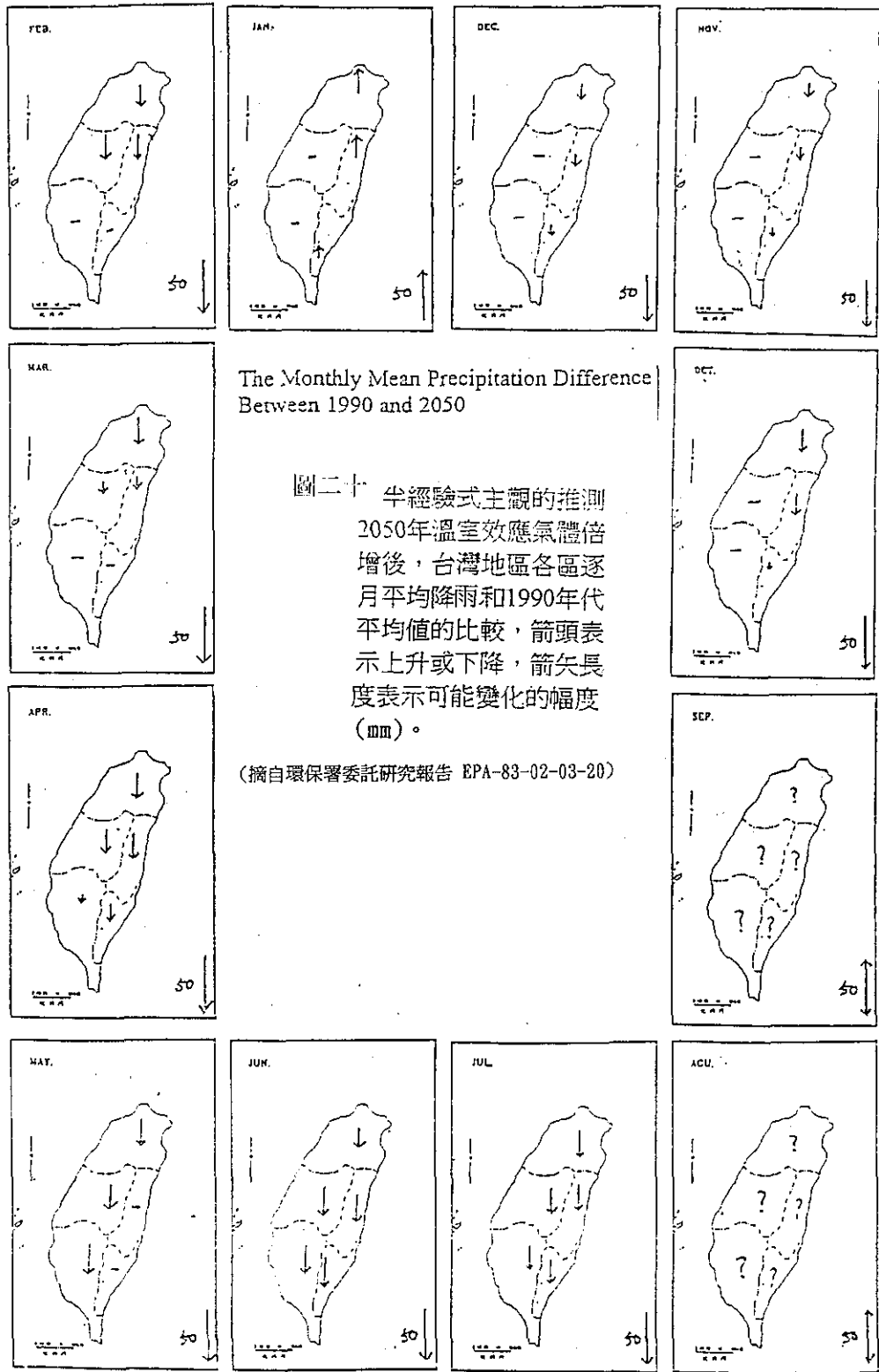
(摘自環保署委託研究報告 EPA-83-02-03-20)



The Monthly Mean Temperature Difference Between 1990 and 2050

圖十九 半經驗式主觀的推測
 2050年溫室效應氣體倍增後，台灣地區各區逐月平均溫度和1990年代平均值的比較，箭頭表示上升或下降，箭矢長度表示可能變化的幅度。

(摘自環保署委託研究報告 EPA-83-02-03-20)



The Monthly Mean Precipitation Difference Between 1990 and 2050

圖二十 半經驗式主觀的推測
 2050年溫室效應氣體倍增後，台灣地區各區逐月平均降雨和1990年代平均值的比較，箭頭表示上升或下降，箭矢長度表示可能變化的幅度(mm)。

(摘自環保署委託研究報告 EPA-83-02-03-20)

表九 GCM模擬全球變遷與每年平均溫度 T_s (K)、降雨量 P (公釐/天)、雲層覆蓋百分比 C (%)及可降雨量 Q (公釐)的變化 (Wang et al. 1992)。

(摘自環保署委託研究報告 EPA-83-02-03-20)

Case	T_s	ΔT_s	P	ΔP	C	ΔC	Q	ΔQ
1990	288.9	...	3.39	...	46.0	...	25.5	...
2050	292.8	3.88	3.64	0.25	44.6	-1.4	32.4	6.9

表十 GCM模擬 1990 年至 2050 年冬季(12-2月)和夏季(6-8月)的溫度變化 T_s ($^{\circ}C$)、降雨量變化 P (%)、土壤濕度變化 S (%)及總雲層覆蓋百分比變化 C (%)。

(摘自環保署委託研究報告 EPA-83-02-03-20)

地 區	T_s		P		S		C	
	12-2月	6-8月	12-2月	6-8月	12-2月	6-8月	12-2月	6-8月
北美洲中部	6.0	6.2	12.4	-0.8	9.4	-25.4	-1.0	-10.0
東亞洲南部	4.1	3.4	5.4	11.5	-6.0	-0.4	-2.4	-0.2
撒亥爾(西非)	4.2	4.2	31.6	-1.8	17.6	-8.3	3.1	-7.5
南 歐	4.6	5.6	10.7	-8.9	0.3	-25.7	-1.8	-12.4
澳 洲	3.4	3.5	4.5	-3.1	-1.2	-10.7	-3.0	-7.7
中國大陸	4.8	3.9	12.7	9.3	-2.4	-2.9	-5.1	-2.9

表十一 不同月份之氣候要素(溫度、降水)與大尺度環流因子間的關係。氣候要素做為預報元(Predictant)，大尺度環流因子為預報因子(Predictant)。這個氣候要素與大尺度環流因子間的關係，為長期預報作業單位，做為高於正常值30%、正常值40%、低於正常值30%的三等級制長期預報，重要的參考依據。

(摘自環保署委託研究報告 EPA-83-02-03-20)

◎一月	若臺灣以北500hPa緯流指數偏低，地面氣壓中亞至中太平洋地區正距平，琉球至印度為負距平，則臺灣北部多雨(吳，1992)。若臺灣以北30° N附近 500hPa高度偏高、外蒙古偏低，且緯流指數偏低時，則臺灣全省溫度偏低(王，1974)。
◎二月	若臺灣以南地面氣壓及500hPa高度為正距平，或上游中國大陸東半部位於槽後，則臺灣特別是北部少雨(林，1978；吳，1992)。若臺灣東方海面副熱帶高壓極端發展，地面及高空氣壓場呈正距平時，則全省溫度偏高(林，1978)。
◎三月	若東亞的熱帶和副熱帶之地面氣壓及500hPa高度為負距平時，則臺灣多雨，(吳，1992b；曾，1993)。平均而言，氣溫較高時，各地降雨較少。氣溫和降雨成負相關(曾，1993)。
◎四月	若中亞北部延伸到東亞地區 500hPa為高度負距平、或東亞主槽明顯時，則臺灣西部地區多雨(吳，1992b)四月的氣溫和降水呈負相關(曾，1993)。
◎五月和六月	太平洋高壓脊線偏南，梅雨槽在臺灣附近，鄂霍次克海有顯著阻塞高壓，則梅雨顯著(陳，1980，1981；陳，1991，1992；紀，1978)。梅雨季溫度和降雨呈明顯負相關(曾，1993)。
◎七月	若太平洋高壓偏西，臺灣地區正距平，則臺灣地區降雨偏少(吳，1992a)，七月你溫與降雨呈明顯負相關(吳，1992a)。
◎八月	若太平洋高壓偏西北、臺灣位於低緯往北延伸的負距平區內，則臺灣地區多雨(吳，1992a)，八月氣溫和降雨呈顯著負相關(吳1992a)。
◎九月	若500hPa副熱帶高壓偏東而臺灣正距平，地面大陸高壓較弱或東亞主槽偏東，則臺灣地面降水偏少(曾，1993)。九月若大陸冷高壓發展較弱為負距平區，江南一帶為正距平區，或亞主槽偏至140° E以東且較弱，則臺灣地區度較高。
◎十月	若日本至太平洋北部500hPa高度負距平，貝加爾湖區正距平，東亞主槽明顯則臺灣地區多雨(程，1981)，十月若大陸冷高壓較弱，臺灣地區500hPa高度負距平，東亞主槽偏東，則各地高溫，相反則低溫(程，1981)。
◎十一月	若蘇俄東北部有高空阻塞，則地面鋒面通過臺灣後，有較長時間降水(俞，1990)，十一月東亞500hPa之高度距平，若呈南低北高之分佈，則臺灣地面溫度偏低。呈南高北低時，則臺灣地區氣溫偏高(曾，1993)。
◎十二月	500hPa東亞主槽平均位置，較當年同期偏東10個經度，正負距平區的分佈異於常年，則臺灣地區氣溫偏高(劉，1981)。

表十二 推測2050年溫室效應氣體倍增後氣候因子變遷的趨勢。

(摘自環保署委託研究報告 EPA-83-02-03-20)

◎一月	500百帕等高面全面上升，但東亞和中國大陸為一大值中心，緯流指數減小，而地面中亞為正距平，琉球與印度為負距平，所以臺灣地區低溫和陰雨的機會較大。但由於亞洲主槽填塞，所以溫度變化應該不大。
◎二月	500百帕亞洲主槽填塞，不利冷空氣之南侵，地面陸地冷高壓強度降低，而北太平洋氣壓升高，海陸對比減小和東北季風的強度可能會減小，所以臺灣地區高溫少雨的機會增加。
◎三月	500百帕主槽填塞，太平洋副高壓相對減弱，但 40° N地區氣壓相對較高，唯長江流域有一低值區，所以臺灣地區可能溫度偏高而降雨偏少。
◎四月	500百帕主槽填塞西移，而臺灣地區地面氣壓正距平，輻合北移至大陸中部，臺灣地區可能溫度偏高而降雨偏少。
◎五月	500百帕西太平洋 40° N附近高度增加最多，副高偏北而地面梅雨槽填塞，所以可能梅雨減弱，臺灣地區氣溫可能升高，而降雨偏少。
◎六月	500百帕亞洲高緯度高度增加最多，極渦強度減弱，地面副高增強所以臺灣地區可能溫度偏高而降雨可能偏少。
◎七月	500百帕亞洲高緯度高度增加最多，極渦強度更減弱，地面大陸南方和中南半島氣壓升高，臺灣地區可能位於此高壓帶中心氣溫更高，降雨更少。
◎八月	500百帕北太平洋高度各地都升高，而地面升壓中心移至臺灣以北，氣溫可能升高，而降雨則因颱風可能軌跡不明而未可知。
◎九月	500百帕東亞主槽填塞，緯度越高，高度增加越多，極渦填塞。大陸冷高壓減弱，江南一帶為正距平，所以臺灣地區氣溫可能偏高，降雨趨勢則因颱風可能軌跡不明而無法判定。
◎十月	500百帕亞洲主槽填塞，地面冷高壓減弱，江南一帶為正距平區，臺灣地區氣溫可能偏高，降雨減少。
◎十一月	500百帕亞洲主槽填塞，而亞洲北部東亞差距減小緯流指數增加，而大陸冷高壓減弱，所以臺灣地區氣溫可能偏高，降雨可能略減。
◎十二月	500百帕亞洲主槽填塞，地面亞洲冷高壓西部填塞，亞洲主槽也略為填塞，所以臺灣地區氣溫可能略為偏高，降雨可能略減。

四、結 論

未來氣候特性研判

綜合以上之分析，可以確認的是，氣候變化是一種十分複雜的綜合表現，在我們尚無法完整界定出各個因素相互間之關係及其相互影響的程度以前，是無法將二氧化碳排放量的增加與氣溫之增溫乃至海水面之上升過程予以單純化處理。如今限於觀測資料的不足及各種客觀認定的不同，很難使用動態模式去模擬二氧化碳倍增情況下氣溫及降雨之增減情況，換言之大自然中之氣溫與降水的變化與二氧化碳的增減關係與其他因素如雲、水汽、日照等的增減關係誰輕誰重，誰先誰後尚不十分明瞭的情況下是很難對於未來單項要素做出定點定量上的結論，因此在此對未來氣候特性的研判將採用靜態籠統之統計模式估測各地未來之氣溫、降雨量及颱風侵臺次數至 2100 年，其結果與行政院環境保護署委託研究報告 EPA-83-E3-02-03-20 台灣地區氣候變遷因素之初步評估及基本科技資料建立先期計劃中之「台灣地區未來氣候變遷之評估」所獲之結論甚為相近，但資料則較細密。統計結果資料列表如表十三至表十八，全省共分為六個部分，各選用一個站做代表，北部選重要的都市臺北，中部選紀錄時間較長的臺中，南部選都市化較輕的恆春，東部是臺東，山地選阿里山，海島則以人口較多之澎湖為例。表中自 1970 至 1993 年是實測紀錄，自 2000 年起至 2100 年止是採用每間隔十年之該點上的九年移動平均值表示，也就是說 2000 年位置之資料代表的是 1996 - 2004 年的平均值，2010 年位置之資料代表的是 2006 - 2014 年的平均值。降雨量的預估則按降雨型態及年度予以劃分為五個期間，年度開始選北部多雨中南部少雨之冬季一、二月為第一期，三、四月之春雨為第二期，五、六月全省性之梅雨為第三期，七至十月為多颱風雷陣雨之時段，則歸為第四期，秋末冬初之十一月及十二月為第五期。未來的氣溫及降雨，仍將如過去一般有高有低，有起有落。各年代之表現則均展示於表十三至表十八中。

暴雨／洪水頻率的趨勢則由於不規則因素變動的增加，可能會變的頻繁，如果海面上升並且海水侵入西海岸陸地，將會造成淺水區域增大，在此情況下暴潮之發生頻率則有可能增加，但在東海岸地區，海岸陸地多高出海面一公尺以上，海水較少入侵陸地則暴潮發生之頻率反而可能減少。未來颱風的變化趨勢由圖十三中可以看出在 2020 - 2030 年及 2055 - 2085 年間頻率顯著偏高，年平均約可達四次，各年期之平均次數，列如表（表十九）。

表十三 各地年平均氣溫實測值及 2000-2100年每十年估計值一覽表

年代	北部 臺北	中部 臺中	南部 恆春	東部 臺東	山地 阿里山	海島 澎湖
1970	22.11	22.85	25.25	24.25	11.11	22.71
1971	22.11	22.63	24.68	23.65	10.07	22.68
1972	22.09	22.68	24.84	23.91	10.32	23.00
1973	22.51	23.13	25.33	24.43	10.68	23.44
1974	22.21	22.69	25.18	24.23	10.56	23.13
1975	22.30	22.81	25.15	24.37	10.48	23.63
1976	22.13	22.42	24.92	23.89	10.01	22.96
1977	22.93	22.93	25.26	23.88	10.36	23.46
1978	22.35	22.85	24.68	23.78	10.53	23.59
1979	22.13	22.88	24.52	24.02	10.32	23.63
1980	22.47	23.13	25.48	24.39	10.90	23.48
1981	22.47	22.83	25.19	23.86	10.90	23.44
1982	22.44	22.76	24.80	23.86	10.81	23.38
1983	22.67	22.89	24.90	24.41	10.87	23.73
1984	21.98	22.48	24.53	24.07	10.65	22.83
1985	22.58	22.62	24.72	24.31	10.83	22.61
1986	22.41	22.74	24.18	23.52	10.64	23.02
1987	23.03	23.14	25.28	24.89	11.34	23.31
1988	23.05	22.85	25.16	24.92	11.23	23.15
1989	23.06	22.89	24.77	24.74	10.43	23.13
1990	23.50	23.19	25.10	24.43	10.88	23.13
1991	23.50	23.51	25.13	24.52	11.13	23.61
1992	22.30	22.88	24.96	24.24	10.48	23.14
1993	22.69	23.40	25.18	24.56	10.89	23.57
2000	22.91	23.02	25.12	24.66	10.63	23.29
2010	23.07	23.28	25.41	24.59	10.69	23.77
2020	22.78	23.18	25.14	24.60	10.52	23.56
2030	23.16	23.50	25.52	24.82	10.43	23.89
2040	23.31	23.81	25.52	24.82	10.55	24.02
2050	23.38	23.91	26.00	25.36	10.89	24.19
2060	23.65	23.75	26.15	25.08	10.70	24.38
2070	23.49	23.77	25.94	25.31	10.69	24.12
2080	23.77	23.90	25.79	25.53	10.77	24.27
2090	24.23	24.26	26.15	25.71	10.34	24.37
2100	24.14	24.13	26.19	25.67	10.57	24.54

表十四 各地一至二月累積降雨量實測值及其每十年之估計值一覽表

年代	北部 臺北	中部 臺中	南部 恆春	東部 臺東	山地 阿里山	海島 澎湖
1970	243.50	48.90	19.10	43.00	172.10	22.60
1971	287.30	78.00	152.70	297.20	147.10	38.20
1972	229.40	155.40	42.90	167.20	375.90	104.80
1973	177.40	69.90	35.60	128.00	191.80	54.30
1974	137.10	79.10	33.70	101.80	215.00	61.60
1975	183.20	86.60	61.40	59.50	285.30	37.50
1976	113.80	69.80	69.40	140.10	123.20	51.20
1977	218.50	54.50	52.60	56.30	148.60	32.50
1978	194.40	79.40	40.00	55.30	260.10	54.40
1979	99.40	67.40	63.00	100.70	139.70	65.40
1980	387.20	164.80	81.60	36.60	289.40	75.20
1981	167.00	49.10	11.40	48.00	59.60	27.10
1982	136.80	105.60	48.80	72.30	101.60	29.40
1983	655.60	442.10	90.30	127.10	674.20	193.50
1984	149.70	32.40	11.70	10.30	83.10	15.70
1985	568.20	354.40	44.60	105.00	481.10	221.00
1986	232.70	119.00	37.90	90.10	273.30	49.60
1987	102.30	56.40	10.60	25.70	54.70	22.90
1988	204.50	69.50	139.90	90.00	216.90	42.50
1989	88.80	20.00	53.40	47.70	78.60	20.90
1990	389.60	88.80	60.20	133.20	205.00	64.80
1991	189.40	62.40	15.00	65.60	190.60	61.20
1992	477.10	197.80	95.60	141.60	499.40	109.50
1993	149.20	23.40	23.50	29.80	81.90	40.10
2000	260.68	134.24	63.06	89.44	608.89	76.24
2010	243.19	103.71	49.45	73.36	327.42	64.68
2020	250.81	95.82	33.54	106.51	356.22	57.65
2030	252.61	94.94	35.22	103.91	442.49	68.83
2040	249.73	108.37	25.15	72.68	384.28	78.36
2050	250.00	93.75	45.69	100.71	190.30	77.95
2060	273.79	110.10	36.79	107.61	119.97	72.95
2070	242.84	88.48	31.22	91.53	369.36	62.69
2080	296.20	133.45	15.86	89.08	437.31	74.20
2090	295.12	116.44	50.73	98.14	422.93	81.96
2100	282.36	133.39	47.38	83.55	361.69	76.37

表十五 各地三至四月累積降雨量實測值及其每十年之估計值一覽表

年代	北部 臺北	中部 臺中	南部 恆春	東部 臺東	山地 阿里山	海島 澎湖
1970	370.90	168.20	34.30	161.10	217.50	80.20
1971	136.90	27.20	35.70	128.20	69.20	44.60
1972	147.30	44.20	49.10	68.30	286.60	60.50
1973	317.50	223.40	36.70	122.10	377.40	251.00
1974	421.40	186.90	49.00	101.90	385.70	86.60
1975	438.90	310.60	93.20	197.50	559.10	156.20
1976	255.20	108.00	9.00	50.50	103.00	28.10
1977	103.10	17.40	4.70	36.00	110.10	24.70
1978	601.30	317.70	159.90	267.90	1020.50	202.30
1979	428.90	204.30	51.80	109.30	229.60	89.60
1980	337.20	156.90	40.70	83.90	176.00	80.90
1981	217.40	154.50	148.40	137.20	362.90	144.00
1982	330.90	138.50	67.30	72.40	302.30	88.00
1983	592.30	442.10	117.70	173.80	754.30	347.00
1984	518.70	322.70	77.90	140.90	629.50	245.00
1985	292.40	234.40	14.10	67.10	294.50	109.60
1986	441.80	170.80	18.10	56.80	138.80	46.30
1987	332.60	233.60	0.90	77.40	560.30	224.30
1988	660.40	260.80	85.80	97.30	435.00	100.70
1989	327.20	322.60	108.40	175.00	502.30	197.10
1990	583.00	532.30	96.80	206.90	1044.90	464.30
1991	238.60	91.80	39.60	84.70	138.10	78.20
1992	401.30	464.20	226.10	181.80	935.40	246.90
1993	377.70	229.20	12.00	65.50	312.90	185.40
2000	451.56	277.56	84.63	125.59	534.14	207.25
2010	421.92	163.04	69.99	113.77	450.11	150.50
2020	361.21	135.56	77.18	148.69	250.84	152.63
2030	374.53	154.95	49.23	149.28	291.24	132.14
2040	327.80	228.55	65.26	103.49	360.92	162.01
2050	368.94	256.39	87.15	141.92	536.24	158.01
2060	362.96	262.95	88.45	113.34	523.32	150.59
2070	284.07	203.64	52.24	129.58	428.21	114.73
2080	309.27	167.36	63.75	121.68	304.72	123.07
2090	385.19	245.16	77.58	96.69	297.63	187.74
2100	481.27	254.14	91.33	125.63	371.57	237.47

表十六 各地五至六月累積降雨量實測值及其每十年之估計值一覽表

年代	北部 臺北	中部 臺中	南部 恆春	東部 臺東	山地 阿里山	海島 澎湖
1970	492.00	347.20	403.60	375.30	729.80	256.80
1971	250.10	459.70	171.90	326.30	693.50	199.80
1972	683.20	1213.30	504.80	435.20	2260.00	444.40
1973	471.00	578.80	339.50	224.10	976.90	415.50
1974	764.30	743.30	888.50	681.60	1987.80	350.60
1975	657.40	803.60	632.50	256.00	1498.00	344.20
1976	418.10	672.30	591.50	833.80	1154.50	213.00
1977	888.80	1102.10	503.10	343.90	2293.30	605.00
1978	352.00	422.90	355.90	231.40	1047.60	239.50
1979	745.10	465.90	695.90	312.10	1533.20	340.90
1980	420.70	96.70	86.60	78.50	420.10	76.70
1981	875.00	887.30	480.20	647.60	1431.00	469.10
1982	486.30	610.70	224.90	127.00	1231.50	594.30
1983	333.40	462.10	749.20	198.70	1555.20	226.80
1984	860.30	599.90	671.40	622.10	1389.50	167.50
1985	298.80	654.40	803.10	780.90	1351.10	239.80
1986	929.30	585.30	764.40	671.50	1559.70	340.20
1987	434.00	635.20	463.00	323.40	1082.50	218.00
1988	501.80	224.20	332.20	542.20	997.30	187.80
1989	326.50	297.10	318.70	311.50	734.90	121.90
1990	535.00	548.60	970.20	1143.40	1337.10	460.70
1991	846.80	367.80	289.90	195.50	1430.00	138.20
1992	507.20	259.10	153.50	137.10	596.90	227.40
1993	527.00	525.80	357.70	253.70	1397.20	366.10
2000	555.15	620.65	569.60	524.35	1185.81	378.73
2010	649.64	505.60	328.54	354.93	1347.02	262.53
2020	544.08	494.03	325.24	408.68	1078.94	356.73
2030	468.08	480.16	399.20	384.13	1009.82	244.84
2040	689.68	754.94	609.40	597.59	1396.23	367.58
2050	586.17	621.93	398.90	376.26	983.77	349.57
2060	503.66	449.73	356.44	377.27	1085.68	193.23
2070	572.57	665.27	412.30	378.69	1213.52	348.30
2080	550.12	457.13	310.88	511.47	1140.75	277.34
2090	585.07	456.29	451.66	572.11	916.91	313.62
2100	646.55	492.07	369.31	404.24	1335.74	410.78

表十七 各地七至十月累積降雨量實測值及其每十年之估計值一覽表

年代	北部 臺北	中部 臺中	南部 恆春	東部 臺東	山地 阿里山	海島 澎湖
1970	1147.90	1106.20	2088.80	1151.80	1646.10	465.40
1971	620.10	429.80	1141.90	1182.80	1970.00	367.70
1972	1201.80	820.10	1489.40	1004.30	2699.10	775.30
1973	667.30	577.80	2085.60	2088.70	2178.00	707.00
1974	885.40	568.10	2223.30	1768.50	1858.70	623.90
1975	930.40	417.60	1258.60	948.60	2172.50	835.30
1976	752.80	1211.30	460.60	913.80	3339.80	316.40
1977	1065.10	869.90	1448.80	1291.40	2423.00	372.90
1978	725.50	494.00	1302.20	1152.20	2306.80	133.30
1979	888.20	780.20	1217.70	718.90	2065.90	127.70
1980	712.80	556.80	547.20	539.80	1292.40	243.30
1981	765.90	1010.70	1464.20	625.20	2136.20	563.90
1982	922.40	584.90	1218.20	969.20	1674.10	336.00
1983	579.10	383.20	788.30	460.80	1020.80	269.60
1984	1009.70	583.80	1418.80	1400.30	1095.30	321.30
1985	1148.50	722.80	1540.00	1004.60	1862.60	397.80
1986	768.00	570.20	866.00	697.00	1376.50	396.50
1987	1206.00	446.60	1607.50	814.90	1821.60	294.00
1988	1351.70	629.80	1520.10	1342.40	1967.70	295.20
1989	1354.00	941.80	1469.40	1133.00	2209.60	478.00
1990	1328.20	872.00	996.40	1681.30	2409.20	376.80
1991	814.80	398.60	2060.30	1849.20	1172.90	273.70
1992	866.00	689.60	1219.80	865.70	2555.50	427.70
1993	567.50	291.40	568.00	815.70	743.90	85.10
2000	1054.21	582.52	1037.19	1126.63	1852.78	262.07
2010	884.89	613.31	1303.23	1144.81	1802.41	357.61
2020	926.46	537.01	1148.27	1001.52	1877.04	310.75
2030	986.71	708.17	1370.82	1008.95	1577.82	411.29
2040	827.93	580.60	1429.47	1024.65	1733.58	389.05
2050	916.25	535.64	1376.23	995.15	1182.06	472.98
2060	999.20	591.36	1032.78	908.72	1390.20	286.96
2070	1039.77	522.04	1340.71	1243.96	1280.19	400.51
2080	809.41	449.43	1051.90	855.48	1160.59	246.20
2090	1119.38	521.55	949.40	1042.12	1102.16	236.40
2100	973.66	312.95	870.89	924.07	1253.33	196.43

表十八 各地十一至十二月累積降雨量實測值及其每十年之估計值一覽表

年代	北部 臺北	中部 臺中	南部 恆春	東部 臺東	山地 阿里山	海島 澎湖
1970	182.00	24.40	34.20	129.70	159.50	28.70
1971	168.50	55.70	91.90	158.50	187.60	47.70
1972	160.80	105.10	38.70	90.60	259.60	73.40
1973	161.60	38.70	7.20	38.00	58.50	11.60
1974	158.70	29.50	245.90	502.00	72.60	74.10
1975	200.00	71.70	24.90	89.50	205.10	83.70
1976	80.40	3.40	7.00	40.20	8.10	0.60
1977	211.20	29.80	64.30	159.40	192.40	43.40
1978	145.60	43.70	67.30	89.30	119.60	28.00
1979	172.00	43.50	51.60	95.10	149.50	25.00
1980	303.70	42.30	132.60	78.70	61.70	55.20
1981	264.60	132.90	225.10	170.40	127.70	28.70
1982	170.50	85.70	104.60	197.50	193.30	71.00
1983	91.10	13.50	26.60	38.00	66.70	9.80
1984	172.90	9.00	14.20	7.80	32.30	12.40
1985	180.00	108.40	16.60	57.50	144.10	82.10
1986	233.80	83.30	20.40	218.40	128.10	149.50
1987	144.20	21.80	82.00	239.10	69.20	17.80
1988	98.20	28.00	36.60	112.90	49.70	44.40
1989	172.10	57.60	9.80	91.20	129.30	61.80
1990	77.20	1.00	3.10	37.30	23.10	5.80
1991	126.30	58.50	44.80	82.90	162.40	31.50
1992	140.30	9.90	1.60	47.60	40.70	10.20
1993	119.10	40.80	33.00	116.40	105.90	59.20
2000	168.78	35.64	15.80	132.39	65.43	38.03
2010	204.05	44.21	95.53	143.38	86.83	47.69
2020	146.52	30.31	23.35	139.33	55.64	30.58
2030	156.08	34.67	65.00	162.14	65.60	38.84
2040	138.76	45.02	127.06	275.52	72.32	54.21
2050	174.68	48.29	126.78	240.90	11.77	47.28
2060	128.88	35.78	109.67	154.78	5.40	36.92
2070	150.17	50.63	17.60	169.96	21.87	41.38
2080	182.16	44.71	109.08	157.54	4.23	50.48
2090	160.37	33.43	78.07	137.73	25.36	35.97
2100	223.12	54.43	33.41	145.86	16.64	49.94

表十九 侵臺颱風頻率及其未來每十年之預估

年代	侵臺 次數
1970	1.00
1971	4.00
1972	1.00
1973	2.00
1974	4.00
1975	3.00
1976	1.00
1977	3.00
1978	3.00
1979	2.00
1980	3.00
1981	5.00
1982	3.00
1983	2.00
1984	5.00
1985	5.00
1986	4.00
1987	4.00
1988	1.00
1989	1.00
1990	5.00
1991	3.00
1992	3.00
1993	1.00
2000	3.50
2010	2.44
2020	3.09
2030	4.52
2040	3.37
2050	3.00
2060	4.52
2070	4.25
2080	4.13
2090	2.56
2100	3.43

五、 附 錄

5.1 全球暖化連帶的海平面上升議題分析

(摘自中央氣象局「通訊」284 期 中華民國八十三年一月)

全球暖化連帶的海平面上昇議題分析

鄭明典

最近美國柯林頓總統正式公布了一份涵蓋層面極廣，為因應全球溫室效應而規劃的「氣候變遷行動計畫 (National Action Plan for global Climate Change)」。在此計畫中的科學背景分析項下，提到了以目前最佳方法估算結果，大氣中二氧化碳濃度將於公元 2030 年以前增加一倍（以工業革命前之數據為基準），全球平均氣溫將因而上升 2.5 °C，並導致平均海平面上昇約 20 cm。

其所以將海平面變化的研究和全球暖化 (Global Warming) 問題相提並論，主要是基於以上兩個論點：(一)溫度上升，海水將因熱膨脹而使平均海平面升高。(二)近地層氣溫上升使雪線提高，部分陸上積冰將融解而匯入海洋，使海洋總體積增加。以鹽度 0.035 的海水為例，在常溫 (15 °C)、常壓下海水的熱膨脹係數約為 $3.3 \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ ，而在 0 °C 及 4000 m 的水深下，海水的熱膨脹係數就只約為 $1.5 \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ 。根據以上的數據，如果平均深度 4000 m 的海洋「均勻地」增溫 1 °C，將使平均海平面增高約略稍大於 60 cm。當然，這個估計值並沒有考慮海、陸面積因為海面變化而產生的消長關係。此外，一般相信深海的水循環時間尺度應在百年及至千年以上，深海的水溫變化可能需時數百年始得反應出全球平均氣溫變化的影響。如果只考慮近水面的海洋混合層，其平均厚度約為 70 m，則 1 °C 的增溫將只能引起約 1.5 cm 的平均海平面上昇。依此推論，以海水之熱膨脹作用來估算，全球暖化過程中的平均海平面上昇幅度，其數量級應在數公分／每度之譜。

有關陸上冰、雪的堆積、變形及總質量的消長，在實際觀測及理論模式研究方面均有為數不少的文獻資料可供查詢。但是精確的量化描述，則面臨著許多無法克服的不確定因素，而這些不確定的因素對海平面變化的可能影響，其數量級往往不小於全球暖化研究中所預估的海平面變化幅度。當全球溫度上升而使雪線高度改變時，在雪線之下的冰層將融化成水而流失，由於無冰層覆蓋地表之吸熱能力較強，這種融冰過程的速率可以相當快，這可能是冰河末期快速冰消過程發生的機制。據估計在距今八千年前左右之大冰河期結束時，中緯度冰蓋融化釋出了大量的水，在尖峰時每年因冰蓋融化釋出約 18×10^{12} 公噸的融水，這相當於每年海平面上昇 5 cm。不過現今地表上主要冰層多分布於高緯

區，快速的冰消過程不易發生。在高緯區，冰蓋的質量平衡主要決定於降雪的質量累積及冰河運動的質量流失。冰河運動的速率和冰的密度（硬度）有很密切的關聯，根據對北極冰蓋 (Arctic ice cap) 的研究，在全新世 (Holocene, 指地質時代的最後間冰期，約由一萬年前至今) 所累積的冰層較其底下威斯康辛冰期 (Wisconsin Glacial Stage, 指北美大陸最後一次大冰期，約由距今十萬年前至一萬年前) 所遺留下來的冰層為硬。當下層較軟的冰層逐漸為上層的覆冰所取代之後，冰蓋的可移動可能降低三至四倍，冰層的流失速率將逐漸趨緩。因此，在相同的降雪累積速率下，冰蓋的總質量將有持續增加的可能。近年對南極冰蓋 (Antarctic ice cap) 的研究顯示，南極洲上的冰層正穩定而持續地成長中，其質量累積的最大速率，約相當於使海平面每百年降低 12 cm 的幅度。不過南極冰蓋質量增加的真正原因事實上仍不確定，但至少有一個數值模式預測出南極冰蓋在全球暖化過程中，會因極區降雪的增加而累積質量，而另有模式則預期在全球暖化過程中，因洋流的改變，南極地區的溫度將不升反降，而有利於冰蓋的擴張。對於格陵蘭 (Greenland) 冰層的質量平衡則尚無確切的數據，目前只知道在質量累積及流失之間應該很接近平衡，因此對海平面變化的影響應該不顯著。南極洲和格陵蘭冰蓋占全球總覆冰面積的 97%，剩餘的 3% 主要為陸地上的小冰河系統。以現有的資料分析，大部分小冰河系統自 1885 年以後均有衰退的現象，這些流失的冰河系統，據估計約造成平均每百年五公分的海平面上昇。

海平面高度的直接量測紀錄，最早可回溯至公元 1808 年，不過現有大部分紀錄都在百年之內。在全球暖化相關問題研究中，最常被引用的數據為：自 1881 年至 1980 年間，全球平均海平面上昇約 15 cm。由於海平面並非理想球面，海平面高度受氣壓、地形及洋流的影響，在不同區域所觀測到的變化趨勢很不一致。例如，大部分分析均指出，西太平洋區域海平面正緩慢但持續的下降中。最近在收集更完整的觀測資料及使用更先進的統計分析方法後，最後一個較為可靠的結論是，全球平均海平面高度在過去一百年約僅上昇 3 cm。其中一個附帶的結論是，在最近幾年，海面高度並沒有特別的加速上昇的傾向，這表示人為的全球暖化現象，尚無法由平均海平面高度的變化上被偵測出來。也有研究認為，「全球平均海平面高度」很難根據現有非常局部的觀測資料做成分析，因此，部分研究人員嘗試以海溫的變化反推海面高度的變化，並檢查兩者的一致性，以進一步做為海平面上昇的佐證。在比對不同時期北大西洋的海溫量測值後，研究人員只發現於海面及其下很薄的一層海水有增溫的趨勢，在

薄增溫層以下，600 m 以上的海溫事實上是變冷，而 600 m 至 3000 m 之間又有些微的增溫現象，再往下則又是變冷。這些數據不足以提供任何海平面變化的相對數值，但卻明白地顯示海溫的變化無法由氣溫的變化直接預估出來，換言之，兩者的相互關係是個複雜而且尚未為研究人員完全理解的議題。

雖然平均海平面高度的變化和平均氣溫的變化之間的互動關係非常複雜，但是熱脹冷縮及水、冰相位轉換的觀念，又具體得令人不得不期望氣溫和海平面高度間必存在著某種穩固的關係。事實上，即有不少的研究利用地質上的證據，或利用氧的同位素分析方法，來推測過去極長時間以來的平均海平面變化，並依此反推當時可能的平均全球氣溫。這方面的研究結果，可能有部分的參考價值，但是在時尺度經放大之後，地殼變動對平均海平面高度的影響很快地成爲一個不可忽略的因素。例如海溝和海底山脊的形成及演化等，均可使海洋容積發生顯著的變化而影響海平面的高度。甚至冰蓋的堆積或冰消過程，在長時間尺度的考量下，也會引起其下地殼的彈性形變而影響海、陸的相對關係。因此，不論以何種時間尺度來衡量，海平面高度和平均氣溫的關係都不是很明確的。但是，關係不明確絕不表示我們可以不用關心這個問題。事實上，在氣候變遷 (climate change) 或全球暖化的各項預測中，幾乎所有預測值都存在著相當大的不確定性。在理論上，實際情況有可能會比所有預測情況都嚴重。例如，最近對古氣候變遷的研究顯示，氣候的變化很可能是「突變」而非「漸變」，那麼人類對環境改變的影響，縱使其直接影響不大，但這些影響潛在地都可能激發出氣候的突變，或改變氣候變遷的自然過程。從氣象的觀點來說，我們可能永遠無法確切地預知人類正如何地改變我們生存空間的氣候，但人類對環境的改變是人類把自己放一個自己無法掌控的實驗中，這實驗的後果可能會令人類本身付出極大的代價，值得吾人注意。

五、 附 錄

5.2 台灣地區氣候變化與大氣環流之相關

五、附錄

5.2 台灣地區氣候變化與大氣環流之相關

春季

乾旱發生前台灣東方的海面溫度 (SST) 升高，正的 SST 距平帶北移，致使副熱帶高壓極端發展，使得地面及高空氣壓場呈現正距平，減少降水機會。多雨年和少雨年東亞 500 百帕距平場的梯度較平常年大，多雨年台灣附進海域為 SST 正距平，少雨年則負距平。

乾年二、三月冬季低層氣流上游的中國大陸東半部處於槽後，不利於旋生和鋒生，降雨機會少。四月台灣以南為高壓區，東亞主槽不明顯，為正距平，不利於氣旋或鋒面發展。(吳明進，1992)

濕年時二、三月台灣區域為負距平區，亞洲主槽通過部位槽前，動力上有利於氣旋發展，因而有利於台灣地區因鋒面帶來降雨。四月份北太平洋為負距平，中低緯度的東亞海岸位於槽前，有利於氣旋或鋒面生成，增加降雨機會。

夏季

降雨主要由地區性的氣團熱雷雨和熱帶低氣壓和颱風所帶來，所以多為大尺度環流或熱帶氣旋所控制。

七月 500 百帕高度場，多雨年北太平洋副熱帶高壓較弱，從亞洲南部往東延伸經台灣至北美洲西岸皆為負距平。

八月多雨年太平洋高壓較少雨年偏西北，台灣為於低緯往北延伸的負距平區，少雨年太平洋高壓略偏東亞洲南面的高壓脊往東延伸，台灣處於正距平區，此副熱帶高壓位置不利於熱帶氣旋西進侵襲台灣地區。九月多雨年副熱帶太平洋高壓較強，且往西延伸，台灣位於由南海往北延伸的負距平區，此高壓位置有利於熱帶氣旋在台灣附近轉向而侵入台灣地區。少

雨年太平洋高壓減弱且偏東，此高壓位置和強度造成西進熱帶氣旋提早轉向。(吳明進，1992)

梅雨季

當五月及六月之太平洋高壓較正常值微弱，梅雨槽在台灣鄰近，台灣地區盛行西風時，梅雨顯著。當太平洋高壓反常發展，高壓脊通過台灣海面或鄰近海面，青康藏高原熱低壓偏南，梅雨槽消失，台灣地區面盛行東南風，則梅雨缺乏。五月及六月台灣地區雨量多寡之先決條件為低對流層大氣之穩定度及水氣含量。源自孟加拉灣之西南氣流為濕梅月之必要條件。乾梅月源自太平洋高壓信風帶環流之東南，南或西南氣流或東亞主槽後之西北氣流。鄂霍次克海阻塞高壓之有無，季風低壓與季風槽之位置與強度以及台灣地區之高度距平等個別因子，並非決定乾梅月之單獨必要條件，其適當之組合使台灣地區缺乏源自孟加拉灣之西南氣流，才是乾梅月所必須。太平洋高壓脊經過台灣地區則為乾梅月之充份條件。

濕梅月之必要條件為低對流層源自孟加拉灣之西南氣流較平均為強。低對流層西南風之增強可因菲律賓及鄰近海域高度及／或東海與日本地區高度負距平而來。濕梅月伴隨之主要環流為鄂霍次克海有顯著之阻塞高壓東亞及西太平洋中高緯度(40-60° N)北高南低之高度距平，使該地區西風緯流減弱西風帶南移，顯示、斜壓強迫過程為濕梅月之重要因子。

5月濕梅月之1000 hPa梅雨鋒經過台灣地區，六月濕梅月之1000 hPa梅雨鋒面則非一定經過台灣地區不可。(陳泰然，1986)

秋季

台灣秋季氣溫，雨量和北半球500 hPa高度場之關係

高溫：大陸冷高壓發展較晚且偏弱，為負距平區。江南一帶為正距平區。或東亞主槽偏至140° E以東且較減，致使冷氣不易南下，台灣地區仍受太平洋高壓影響為主。

低溫：此環流配置正和高溫者相反，北方冷氣團頻頻南下，氣溫偏低。

多雨：主要環流型為從東北，日本至太平洋北部為負距平區，貝加爾湖至以北地區資成也潮之，等於正距平區，致使東西主槽較為明顯，冷鋒面易在華南或台灣地區漸漸通過。另一方面為受秋颱侵襲影響。

少雨：秋季大陸高壓偏弱或東亞槽偏東，有時太平洋高壓仍未東退，則台灣地區就不易下雨。（曾振發，1993）

冬季

冬季氣溫與 500 hPa 高度場，台灣北邊 30°N 附近有很強正關係，外蒙古附近有很強負關係。即如果台灣北邊 30°N 附近 500 hPa 高度場偏高，外蒙古偏低，則台灣北部氣溫偏暖，反之偏冷。降雨主要受鋒面過境引起。當蘇俄東北部有高空阻塞發生高壓相重疊後頗為穩定，此情況下，地面鋒面通過台灣後，有較久時間之降雨。影響台灣天氣之低壓系統移抵日本東北近海上後，因受阻塞高壓南部深厚東風氣流之牽制作用，致停滯不前，冷鋒始終橫貫於巴士海峽與南海一帶而貝加爾湖附近之主高壓之冷空氣源源不斷南下，故台灣北部之陰雨天氣可持續相當時日。（俞家忠，台灣冷季鋒面及其相伴天氣預報之研究）

冬季控制台灣北部氣溫偏冷偏暖，主要由東北季風的強弱，當東北季風強，台北氣溫偏冷，反之偏暖。

參考文獻

吳明進，「台北地區夏季乾旱之監視與預報(一)：多雨年與少雨年的氣象條件」，1992。

陳泰然，「台灣梅雨期不同尺度系統之診斷分析」，1976。

俞家忠，「台灣冷季鋒面及其相伴天氣預報之研究」。

陳圭宏，「台北氣溫和海面溫度的遙相關」，1992。

五、 附 錄

5.3 臺灣地區近百年來氣候之變化

(摘自中央氣象局局務會報報告資料 中華民國八十三年六月)

目 錄

	頁次
一、前 言	附 3- 1
二、氣象統計	附 3- 2
(一) 氣候偏差	附 3- 4
(二) 氣候趨勢及氣候波動	附 3- 8
(三) 氣候週期	附 3-18
三、結論與建議	附 3-19

圖 目 錄

圖一 臺灣地區地形及中央氣象局所屬氣象站分布圖	附 3- 3
圖二 年平均氣溫(°C)長期變化及其九年移動平均趨勢圖	附 3- 9
圖三 年平均降水量(mm)長期變化及其九年移動平均趨勢圖 ...	附 3-10
圖四 年平均日照時數(hr)長期變化及其九年移動平均趨勢圖 .	附 3-11
圖五 年平均雲量(1-10)長期變化及其九年移動平均趨勢圖 ...	附 3-12
圖六 年平均氣壓(hPa或mb)長期變化及其九年移動平均趨勢圖 ..	附 3-13
圖七 年平均相對濕度(%)長期變化及其九年移動平均趨勢圖 .	附 3-14
圖八 年平均蒸發量(mm)長期變化及其九年移動平均趨勢圖 ...	附 3-15
圖九 年平均地中溫度(°C)長期變化及其九年移動平均趨勢圖 .	附 3-16
圖十 侵臺颱風次數歷年變化及其九年移動平均趨勢圖	附 3-17

表 目 錄

表一 近十年平均氣溫(°C)與其前三十年準平均氣溫之偏離值一覽表	附 3- 4
表二 選擇測站各項目自第 I 期至第 II 期 (A) , 第 II 期至第 III 期 (B) 及 近三年與第 III 期 (C) 標準準平均值之比較資料一覽表	附 3- 5
表三 月平均氣溫偏差值一覽表	附 3- 6
表四 月降水量偏差值一覽表	附 3- 7
表五 平均日照時數偏差值一覽表	附 3- 7
表六 月平均雲量偏差值一覽表	附 3- 8
表七 1897-1993 各月侵臺颱風次數一覽表	附 3-17
表八 年平均氣溫及降水量週期變化之自相關係數波譜分析結果	附 3-18

臺灣地區近百年來氣候之變化

中央氣象局 氣象科技研究中心

一、前言

氣候，天氣及氣象這三個名詞，有時候會讓人感覺意義含混，因此首先將其涵意予以說明。所謂氣象即是大氣的物理及化學現象，也是大氣中各種現象之總稱，例如大氣中空氣的對流，水汽的凝結，酸雨的形成及空中的閃電等均是。在短時間內，某特定區域範圍，大氣直接影響人類的綜合表現是謂天氣，也是大氣現象的綜合表現，例如說今天臺北天氣很熱，昨天恆春刮好大的風等等。人類應日常生活之需要，將過去曾發生過之天氣現象，按時間與空間之順序，予以分類、統計及歸納，這種天氣平均狀態的表現即稱之為氣候，例如基隆年平均氣溫是攝氏22度，其最暖月月平均溫度高於22°C，最冷月月平均溫度低於18°C但高於-3°C，終年多雨，按柯本氏氣候分類標準是屬溫暖多雨型氣候(代表符號 Cfa)。因此氣候是天氣的平均，亦可說是透過統計氣象方法，綜合天氣現象的描述。

天氣現象的變化，有時候非常劇烈，很容易造成明顯而嚴重的災害；氣候因為是一種平均狀態，因此表現出來的變化就比較平緩，其所造成之災害也比較不易被查覺，常為人所忽略，但其對地區性之自然生態及經濟發展的影響，卻非常長遠。早期人類為躲避天然災害之發生，通常只想知道甚麼季節，甚麼時間，該做甚麼事？或者問明天是否會下雨？氣溫會不會很冷？通常認為氣候是不會變的，只有天氣會變。如今則不同了，人類生活的腳步加快了，需求變得多樣化了，對於氣候變化(climatic change)的問題變得非常關心，不僅關心未來的氣候趨勢(climatic trend)，問到近年來天氣是不是越來越熱了？基隆的雨是不是越來越少了？全省的日照時數會不會繼續減少？而且關心到氣候的波動(climatic fluctuation)。通常氣候的變化，是在一定範圍內遵循著自然的定律，做著各種不同幅度之波動，有時夏季溫度升高了，冬季卻溫度降低了，或者是秋季降溫較遲，則春季之升溫亦晚，又如臺灣之冬夏和春秋兩季雨量有明顯的負關聯性，意思是夏(秋)季若少雨則冬(春)季則多雨。由於氣候是具有時間及空間之平均的特性，往往某段期間降水(雨)量是有顯著的減少，但這並不能代表它會持續地減少，同樣地道理某地溫度升高，並不表示全省溫度都將升高，降水更是如此，例如1980年臺灣北部降水量正常，南部則非常的少。因此氣象學之努力方向，不僅在於理論之推演，更重要的是在於理論之應用，以能夠預測未來之天氣現象，明瞭長期之氣候變化為其目標。

若想知道某地未來氣候之變化情形，首先應該先認識其過去氣候之演變型態，由分析過程中會發現以下數種現象，例如平均值與平均值間，暫時性之突變，我們可以稱之為氣候不連續(climatic discontinuity)。氣候值與準(三十年)平均值(normal)比較之差異，是為氣候偏差(climatic variation)，若平均值(或極大、極小值之頂點)略呈平穩之升降狀態者，可稱為氣候趨勢

(climatic trend)，至於其他屬於系統性之不規則變化者，可以統稱之為氣候波動 (climatic fluctuation)，其中波動之節奏時間的間隔，若呈近乎常數現象者，稱為氣候週期 (climatic periodicity)。事實上整體氣候之變化，很可能就是各種波之交錯組合的結果，因此在判斷是否有氣候偏差，氣候週期或氣候趨勢時，必需將資料之時間位置說明清楚，因為截取不同長度時段的資料，就會有不同的結果發生。例如臺北近三十年之年平均降水量是比前三十年增加了百分之四，但若選近二十年之降水量來看，則是增加了百分之十五，相當於年降水量之一個標準差量，兩者之間相差很大，此皆因為資料起伏變化的關係所致。今將我國臺灣地區之氣溫，降水，日照時數，平均雲量，氣壓，相對濕度，蒸發量，土壤(地中)溫度諸氣象要素及颱風侵襲次數等項目，從三方面來作分析，一是利用氣候準平均值作較長期(三十年)氣候偏差分析，二是利用九年移動平均值圖解方式，展現出九年以上之氣候值的變化趨勢及其波動之現象，三是利用自相關波譜分析，探討兩年以上之氣候週期特性。

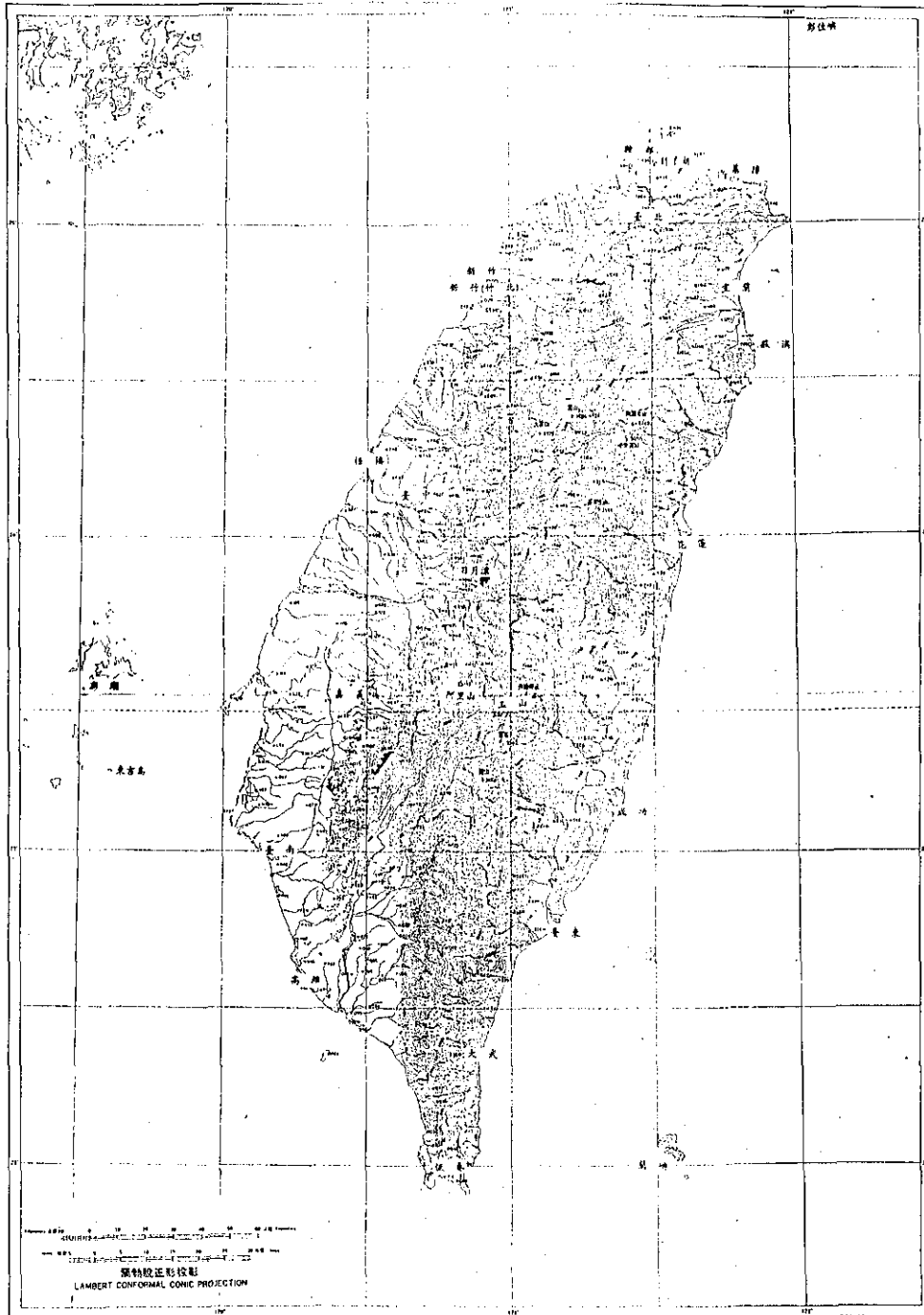
二、氣象統計

臺灣地區之氣象觀測工作起源於清光緒十一年(公元1885年)，當時之觀測地點是在基隆、淡水、安平、打狗(今之高雄)、漁翁島、鵝鑾鼻等海關燈塔處，觀測結果送交香港及徐家匯天文台，直到清光緒二十二年(公元1896年)，日本人在臺北市設立測候所，是為本省測候之中樞，自此觀測紀錄才有完好之收藏。迄今最久之紀錄已達九十七年，惟在此期間之觀測人員、觀測規範、觀測使用之儀器、計量之單位、觀測之地點位置及觀測地點附近之環境等都可能會有變動，甚至儀器感應靈敏度的衰退等等，都會對長期連續性之統計值造成嚴重的傷害與誤導。因此在選用資料時，必須小心考證，多加篩選，必要時得採用經驗式或曲線延伸方式，調整後再予使用，或該項資料不予採用。報告中使用資料之測站分布如圖一。

欲知近百年來臺灣地區之氣候是否有所變化，就必須採用足夠長久、統一標準之紀錄作分析，然而人類的經濟活動，在近五十年中，有很大的改變，不但生活方式由農業變為工業再服務業，其對自然環境的影響也很大。大氣的污染，臭氧層的破洞，空氣中二氧化碳含量的增加等等，都是一些已經發生的現象。近十五年來，世界各地，普遍發現氣溫有上升之趨勢，這是大自然趨勢所造成的氣候變化呢？或是人類經濟活動所造成的結果呢？各國多認為是與工業生產，溫室氣體之排放有關，因此於1992年6月開始簽署世界性之氣候變化綱要公約，該公約已於1994年3月21日起生效，目前正著手研擬溫室氣體減量及氣候適應之措施。意欲設法改變人類的經濟活動方式，採用回歸自然、永續發展之模式，期望在維持生態環境之自然循環平衡條件下，發展人類之經濟，使氣溫不要再繼續升高，危害到人類之生存環境。

都市人口的增減及空氣污染的程度，通常會為人們所質疑，是否直接影響到氣象的觀測，因此首先根據中央氣象局之十年氣象報告彙編(第二篇至第五篇)，將測站分成都會(臺北、高雄)，都市(基隆、新竹、臺中、花蓮、臺南、臺東)，市鎮(淡水、大武、恆春)，山地(鞍部、竹子湖、日月潭、阿里山、玉山)及離島(彭佳嶼、澎湖、蘭嶼)等五類，選擇氣溫資料作時間及

空間上之比較（表一）。由表一中確可看出都會地區近十年有 0.5°C 之升高，都市地區則次之，約有 0.2°C 之升高，市鎮、山地及離島地區則更次之。若以人口的增減，代表都市的發展程度看，近十年來雲林、嘉義、屏東、臺東及澎湖等地區均有減少之現象（淡水無資料），而恆春及澎湖確有溫度降低之情況出現，因此可以說都市的發展與氣溫的升高有正相關性。



圖一 臺灣地區地形及中央氣象局所屬氣象站分布圖

表一 近十年之平均氣溫(°C)與其前三十年準平均氣溫之偏離值一覽表

區域	測站	海拔 公尺	平均氣溫 (°C)					偏離值 $e-(a+b+c)/3$
			1951-60 a	61-70 b	71-80 c	81-90 d	84-93 e	
都會	臺北 高雄	6	22.3	22.2	22.3	22.7	22.8	0.5
		2	24.3	24.2	24.4	24.8	24.8	0.5
都市	基隆 新竹 臺中	27	22.3	22.2	22.1	22.3	22.4	0.2
		34	22.0	22.0	22.1	22.3	22.2	0.2
		84	22.8	22.7	22.8	22.8	23.0	0.2
	花蓮 臺南 臺東	16	23.0	22.8	23.2	23.1	23.2	0.2
		14	23.9	23.9	24.1	23.8	23.9	-
		9	24.2	24.0	24.1	24.3	24.4	0.3
市鎮	淡水 宜蘭 成功	19	22.3	22.1	22.2	22.1	21.9	-0.3
		7	22.2	21.9	22.1	22.2	22.1	-
		33	23.6	23.4	23.7	23.7	23.7	0.1
	大武 恆春	8	24.9	24.7	24.8	24.8	24.8	-
		22	25.2	25.0	25.0	24.9	24.9	-0.1
山地	鞍部 竹子湖 日月潭	826	16.9	16.5	16.6	16.7	16.7	-
		607	18.3	18.3	18.5	18.4	18.4	-
		1015	19.5	19.2	19.1	19.3	19.2	-
	阿里山 玉山	2413	10.8	10.4	10.4	10.9	10.8	0.3
		3845	4.0	3.6	3.7	4.0	4.0	0.2
離島	彭佳嶼 澎湖 蘭嶼	102	21.8	21.6	21.8	21.7	21.7	-
		11	23.3	23.2	23.3	23.2	23.1	-0.1
		324	22.6	22.3	22.5	22.7	22.7	0.2

(一) 氣候偏差 (climatic variation)

依照世界氣象組織編印的氣候作業指南 (WMO, 1966) 規定, 選擇 1901-1930, 1931-1960 及 1961-1990 三個標準時段之各氣象要素資料, 作準平均值之統計。今設 1901-1930 為第 I 期, 1931-1960 為第 II 期, 1961-1990 為第 III 期, 並將各期間之比較結果資料列如表二

由表二中可以看出, 平均氣溫及平均最高氣溫升高之現象, 主要發生於第 I 期至第 II 期間, 平均最低氣溫呈持續性之增加。降水量在前段期間除臺北減少外餘均增加, 而在中南部地區近三十年之降水量則較前三十年有明顯之減少現象。蒸發量, 日照時數, 日照率及雲量在近期間普遍呈減少之型態。至於氣壓、相對濕度及風速之變化其量均甚微。

表二 選擇測站各項目自第 I 期至第 II 期 (A)，第 II 期至第 III 期 (B) 及近三年與第 III 期 (C) 標準平均値之比較資料一覽表

項目名稱	區域 選擇站 單位	平 地					山 地		離 島	
		單 期 位 間	基 隆 27@	臺 北 6	臺 中 84	臺 南 14	臺 東 9	恆 春 22	阿 里 山 2413	彭 佳 嶼 102
平均氣溫 °C	A	0.4	0.5	0.6	0.7	0.5	0.6	x	0.6	0.5
	B	0.1	0.3	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1
平均最高氣溫 °C	A	-0.1	0.5	0.4	1.0	0.3	0.7	x	0.4	0.5
	B	-0.2	0.1	0.1	-0.7	-0.1	-0.1	-0.3	0.3	0.4
平均最低氣溫 °C	A	0.7	0.5	0.7	0.5	0.5	0.3	x	0.9	0.5
	B	0.4	0.6	0.1	0.9	0.7	0.2	0.2	0.3	0.2
降 水 量 mm	A	468	-164	80	260	100	325	x	189	108
	B	269	81	-202	-445	-37	-493	-308	167	-136
蒸 發 量 mm	A	-69	14	231	-157	-22	22	x	x	94
	B	-12	-20	-75	-39	58	-193	129	40	-157
日 照 時 數 時	A	-20	5	-12	44	-37	109	x	15	-114
	B	25	-123	-247	-229	-76	-36	-16	18	-52
日 照 率 %	A	-0.6	0.3	-0.3	1.0	-0.8	2.8	x	0.5	-2.7
	B	0.7	-2.9	-5.6	-5.3	-2.0	-1.1	-0.4	0.4	-1.2
平均雲量 十	A	0.2	0.4	0.6	0.4	0.2	0.6	x	-0.1	0.6
	B	-0.3	-0.2	0.1	0.0	0.0	-0.7	0.0	-0.3	-0.5
測站平均氣壓 hPa	A	x	0.5	-0.1	x	0.3	0.2	x	x	0.1
	B	0.1	-0.1	-0.6	-0.3	0.1	0.2	0.4	x	0.0
平均相對濕度 %	A	0	0	0	2	1	-1	x	-1	1
	B	-1	-2	2	3	-2	0	1	1	-1
平均風速 m/s	A	-0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.1	-0.3	x	0.2	-0.8
	B	0.3	-0.1	0.1	-0.2	-0.5	-0.4	-0.2	0.5	-0.7
降 水 日 數 日	A	1	-1	-4	3	-8	-1	x	-1	4
	B	-9	-16	-11	-16	-5	-14	-22	-3	-10
	C	-12	-12	-6	-11	-33	-34	-14	-16	-10
雷 暴 日 數 日	A	6	-9	-4	-2	-4	2	x	7	-2
	B	1	1	0	-10	-7	-5	-1	-1	-1
	C	-4	-7	-14	-8	-6	-16	-9	-9	2

註：@ 測站海拔高度以公尺計， x 表示資料不完整 (未足三十年)

降水日數方面均呈減少之現象，由北部地區在第Ⅱ期至第Ⅲ期間之降水量增加而降水日數減少上推斷，北部地區之平均日降水強度近三十年較前三十年略為加大。南部地區之降水量與降水日數同步減少，由其對準平均之比值看，臺中、臺南及恆春之降水量減少13%、29%及25%，平均年降水日數減少為10%、16%及10%均低於降水量之減少率，故其平均日降水強度是略減。雷暴日數除澎湖外普遍亦均呈減少之現象，南部地區尤為明顯。

如從月平均氣溫之變化(表三)來看，中南部地區有冬季溫度降低，夏季溫度升高之現象，氣溫較為穩定之月份是一月，六月及十二月。在降水量之年變化方面(表四)以六、七月之變化為最大。日照時數之時空分布(表五)就地點言以臺中、臺南、臺北及澎湖減少之量為最多，就月份來看，主要是發生在五至十一月間。而雲量(表六)則呈普遍減少之現象，主要發生在六、七、八月中。

表三 自第Ⅰ期至第Ⅱ期(A)及第Ⅱ期至第Ⅲ期(B)間月平均氣溫偏差值一覽表
單位：℃

測 站	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ann.
臺 北 A		0.6	0.6	0.2	0.6	0.2	0.3	0.4	0.7	0.4	0.8	0.5	0.5
B	0.1	0.3	0.2	0.7	0.3	0.2	0.6	0.5	0.2	0.8	0.2	-	0.3
臺 中 A	0.2	0.9	0.8	0.5	0.8	0.5	0.5	0.5	0.8	0.6	1.0	0.6	0.6
B	-0.2	0.1	-	0.4	-0.1	-	0.3	0.1	-0.1	0.4	-	-0.4	0.1
臺 南 A	0.2	1.0	1.0	0.6	1.0	0.6	0.5	0.6	0.8	0.6	0.7	0.4	0.7
B	-0.3	-	0.1	0.6	0.2	0.4	0.7	0.5	0.1	0.4	0.1	-0.3	0.2
臺 東 A	-	0.8	0.5	0.3	0.7	0.3	0.7	0.5	0.5	0.3	0.6	0.3	0.5
B	-0.2	-0.1	0.1	0.5	0.2	0.3	0.5	0.7	0.4	0.6	0.2	-0.1	0.2
恆 春 A	0.3	0.9	0.7	0.5	0.8	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.7	0.3	0.6
B	-0.3	-0.1	-0.1	0.2	-	0.1	0.4	0.3	0.3	0.5	0.1	-0.1	0.1
澎 湖 A	0.1	0.6	0.7	0.5	0.8	0.4	0.5	0.4	0.6	0.4	0.6	0.3	0.5
B	-0.1	0.3	0.1	0.4	-	-	0.3	0.3	0.1	0.3	-	-	0.1

表四 自第 I 期至第 II 期(A)及第 II 期至第 III 期(B)間平均降水量偏差值一覽表
unit : 公釐

測 站	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ann.
臺北 A	1	18	-14	23	-32	33	40	-17	-49	-8	6	2	3
B	1	-10	20	-30	29	-40	-36	2	136	1	9	-2	81
臺中 A	-5	15	-6	6	-35	108	-14	32	-17	-5	-5	6	80
B	3	-5	-12	-25	11	-76	-59	-34	5	-7	7	-10	-202
臺南 A	-10	-4	3	19	-9	112	145	-10	7	1	1	7	260
B	4	-3	-14	-13	-0	-87	-215	-66	-26	-9	-1	-15	-445
臺東 A	-6	-	3	9	-30	68	-126	25	91	-18	74	11	101
B	10	1	-11	-6	22	-11	45	-43	-40	49	-43	-12	-37
恆春 A	-8	1	-	-49	163	94	-21	78	-7	65	9	325	
B	8	-3	5	-16	25	-140	-191	-68	-44	-8	-50	-12	-493
澎湖 A	-1	13	4	-10	-19	37	20	21	16	20	-2	9	108
B	-1	-4	-5	7	25	-14	-64	-34	-19	-24	5	-9	-136

表五 自第 I 期至第 II 期(A)及第 II 期至第 III 期(B)間平均日照時數偏差值一覽表
unit : 小時

測 站	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ann.
臺北 A	4	9	7	3	11	-20	-4	9	-5	-3	2	-	11
B	-1	-6	-2	-4	-29	-16	-22	-19	-20	-3	-12	6	-130
臺中 A	5	11	1	-5	7	-21	1	3	-15	-5	7	-2	-12
B	-11	-19	-1	-5	-37	-19	-21	-24	-28	-35	-37	-10	-247
臺南 A	1	8	4	7	24	-16	7	12	-8	1	1	4	44
B	-7	-20	-11	-16	-36	-16	-5	-13	-27	-35	-31	-12	-229
臺東 A	-10	4	-6	-15	14	-28	5	-3	-8	-1	8	3	-37
B	-2	-11	-1	6	-12	-8	1	-3	-7	-7	-23	-8	-76
恆春 A	13	21	14	8	31	-23	-2	14	-4	14	16	6	109
B	-3	-11	-5	7	-23	3	12	4	-1	-9	-13	3	-36
澎湖 A	-6	-	7	1	9	-27	-14	-8	-18	-19	-19	-21	-114
B	8	-6	-	-5	-27	-14	7	2	-8	-12	-10	11	-52

表六 自第 I 期至第 II 期(A)及第 II 期至第 III 期(B)間月平均雲量偏差值一覽表
unit : 十分量

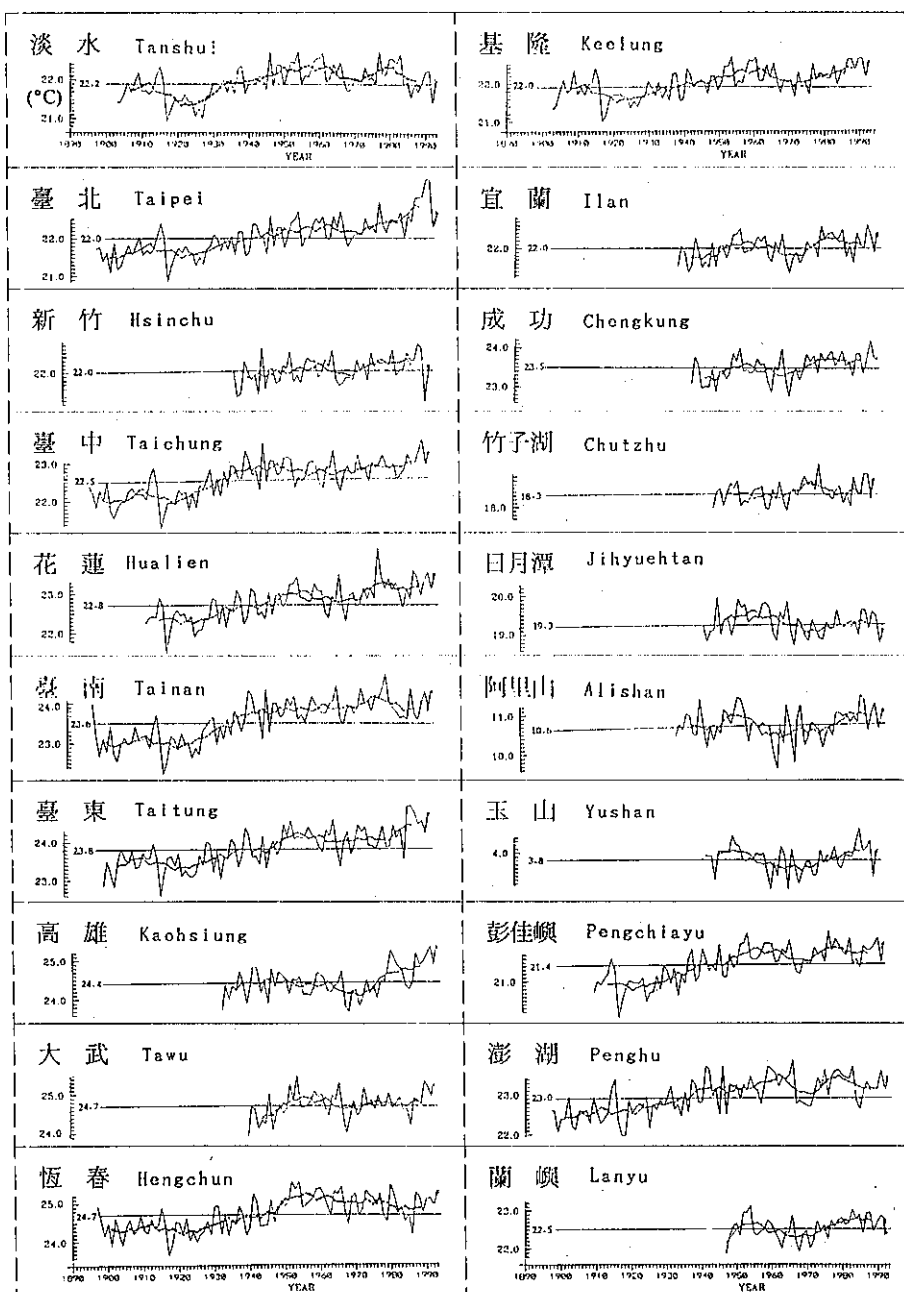
測 站	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ann.	
臺北	A	0.2	0.2	-	0.1	0.3	0.9	0.9	0.6	0.7	0.4	0.3	0.2	0.4
	B	-0.3	-0.1	-0.1	0.1	0.1	-0.4	-0.4	-0.3	-0.1	-0.4	0.1	-0.4	-0.2
臺中	A	0.5	0.2	0.2	0.5	0.5	1.1	0.9	0.8	1.2	0.5	0.4	0.7	0.7
	B	-0.2	0.4	0.1	0.3	0.3	-0.5	-0.6	-0.3	0.1	0.6	0.7	-0.4	0.0
臺南	A	0.3	0.1	0.1	0.3	0.2	1.1	0.6	0.4	0.8	0.2	0.1	0.3	0.4
	B	-0.2	0.4	0.1	0.3	0.2	-0.5	-0.8	-0.5	0.0	0.5	0.5	-0.4	0.0
臺東	A	0.2	-0.1	0.1	0.4	0.1	1.0	0.4	0.6	0.4	0.1	-0.1	-0.1	0.2
	B	0.0	0.5	0.2	-0.1	0.1	-0.5	-0.7	-0.6	-0.2	0.1	0.5	0.1	-
恆春	A	0.3	0.2	0.4	0.7	0.3	1.3	0.9	0.6	0.9	0.5	0.3	0.6	0.6
	B	0.6	0.2	0.4	0.5	0.4	1.1	1.1	1.0	0.9	0.6	0.3	0.9	0.7
澎湖	A	0.2	0.2	-0.1	0.3	0.5	1.3	1.0	0.8	1.1	0.9	0.6	0.3	0.6
	B	-0.4	-0.1	-0.2	-0.2	-0.1	-0.8	-1.3	-0.9	-0.7	-0.5	-0.2	-0.7	-0.5

(二) 氣候趨勢及氣候波動 (climatic trend and climatic fluctuation)

其次利用前項資料，採用九年之移動平均，繪製成以下各趨勢圖，可以清楚的展現出各氣象要素，歷年變化之波動情形。

1. 氣溫

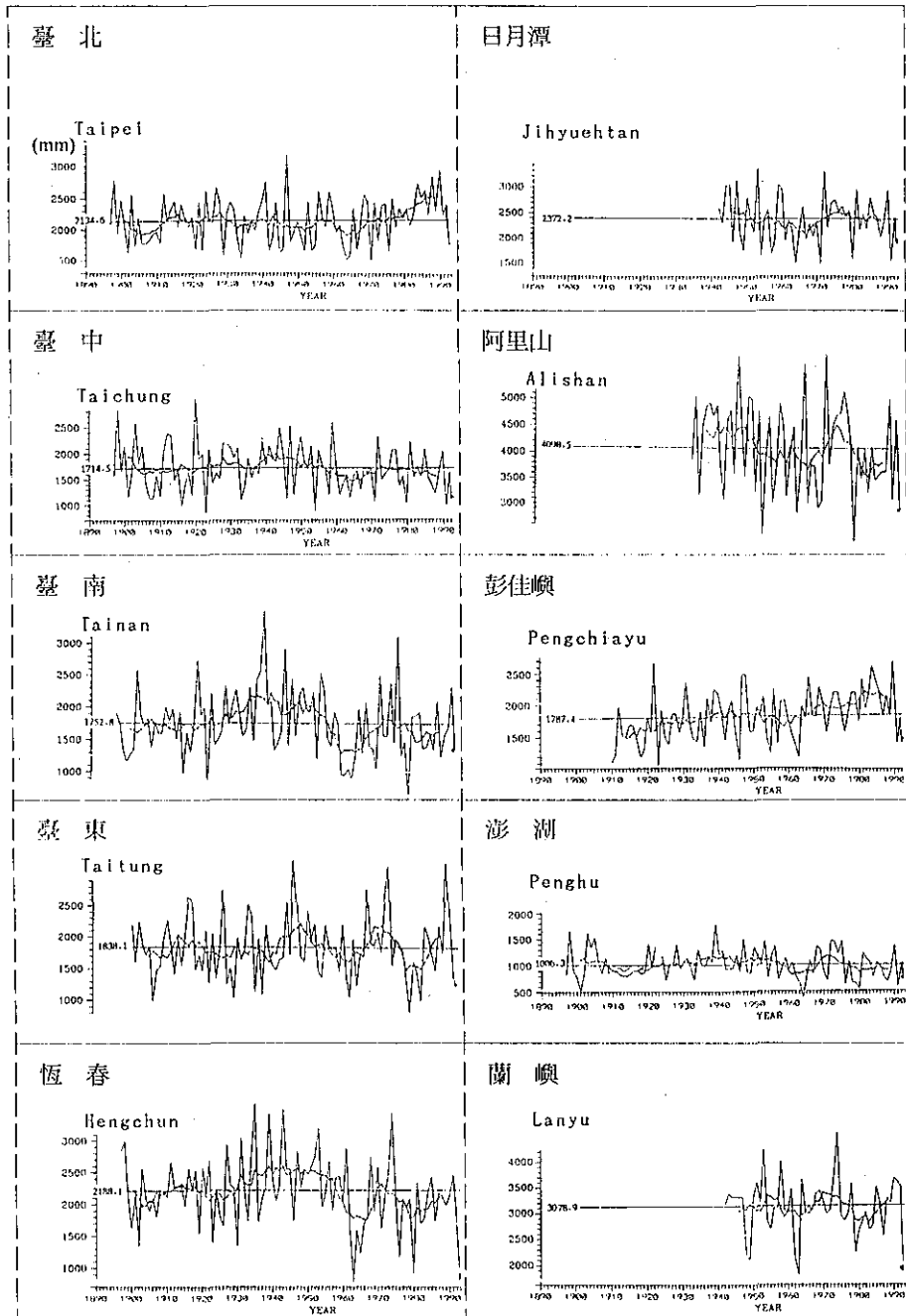
自 1897-1920 年間是本省有記錄以來之低溫期，此後氣溫即逐漸上升，如今大約已經升高了 1°C，其變動與蒸發量是近於相同之步調，最大幅度發生於 1920-1955年間。



圖二 年平均氣溫 (°C) 長期變化及其九年移動平均趨勢圖
 年平均值， 移動平均值， 數值——總平均值

2. 降水量

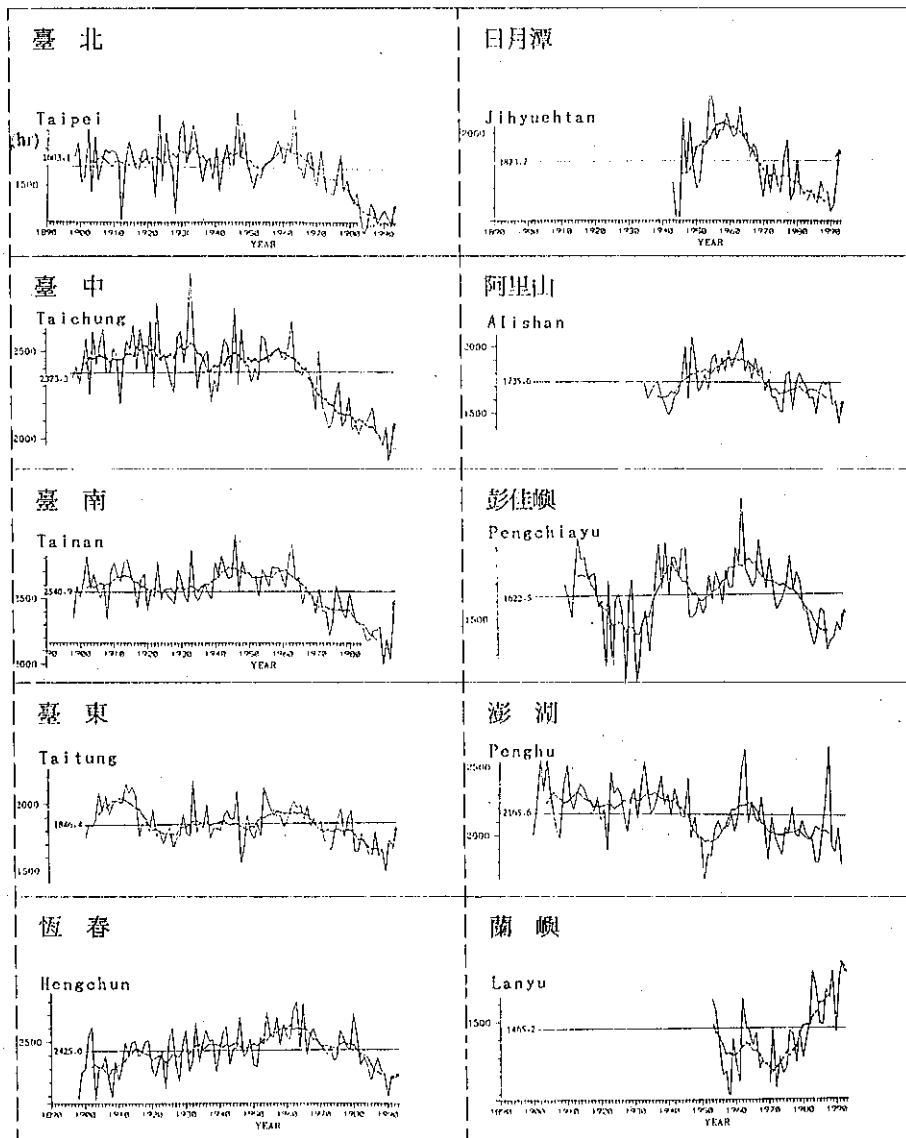
變化趨勢因地點而各不相同，近似兩年之振動普遍出現在各氣象站中，1963, 1980 及 1993 前後是較為少雨之期間。



年平均值，
 移動平均值，
 數值——總平均值
 圖三 年平均降水量 (mm) 長期變化及其九年移動平均趨勢圖

3. 日照時數

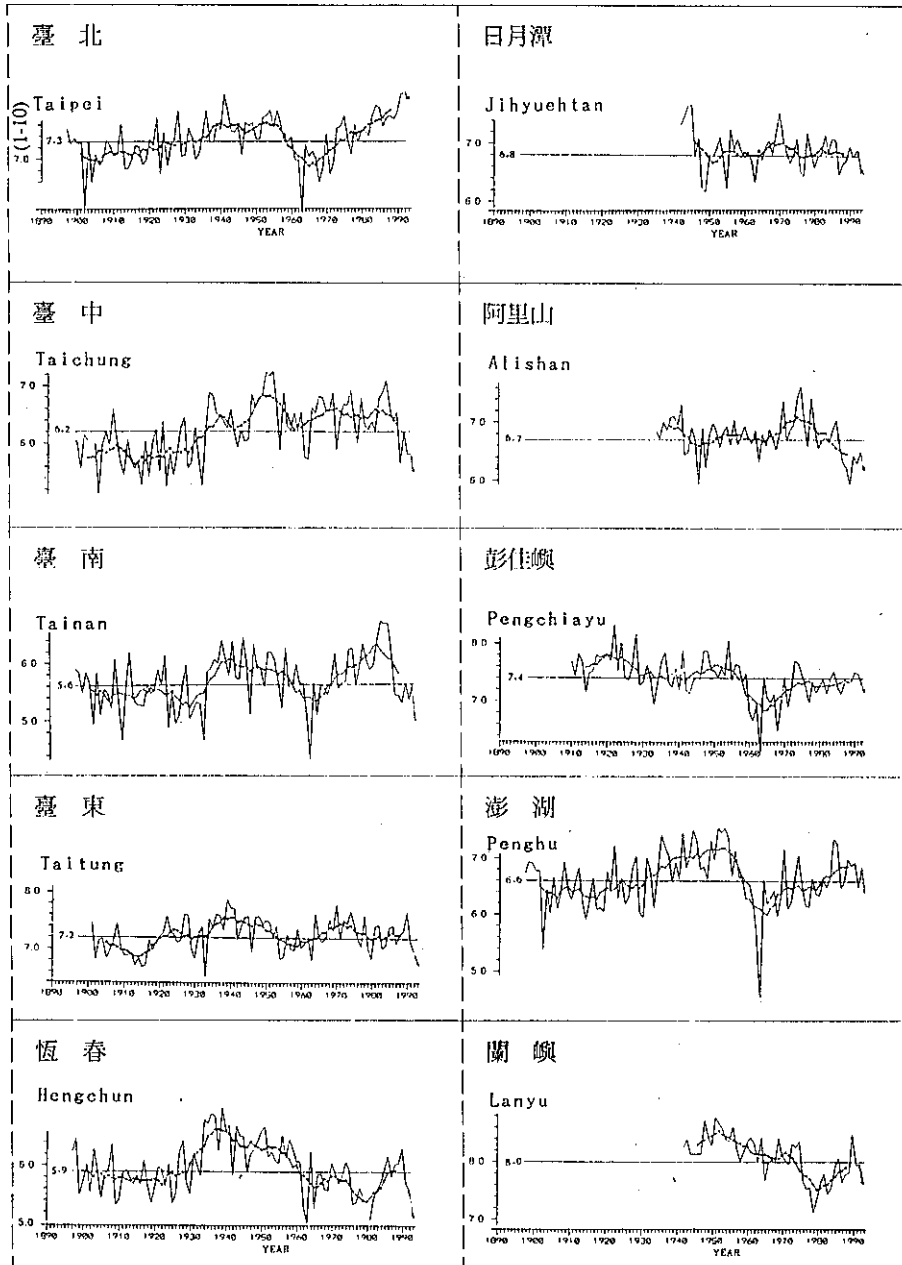
全省大部份地區（除高雄，嘉義，大武及蘭嶼）之日照時數，在近三十年間減少了約三、四百小時（15-25%）。



圖四 年平均日照時數 (hr) 長期變化及其九年移動平均趨勢圖
 ~~~~~ 年平均值,      ——— 移動平均值,      數值—— 總平均值

#### 4. 平均雲量

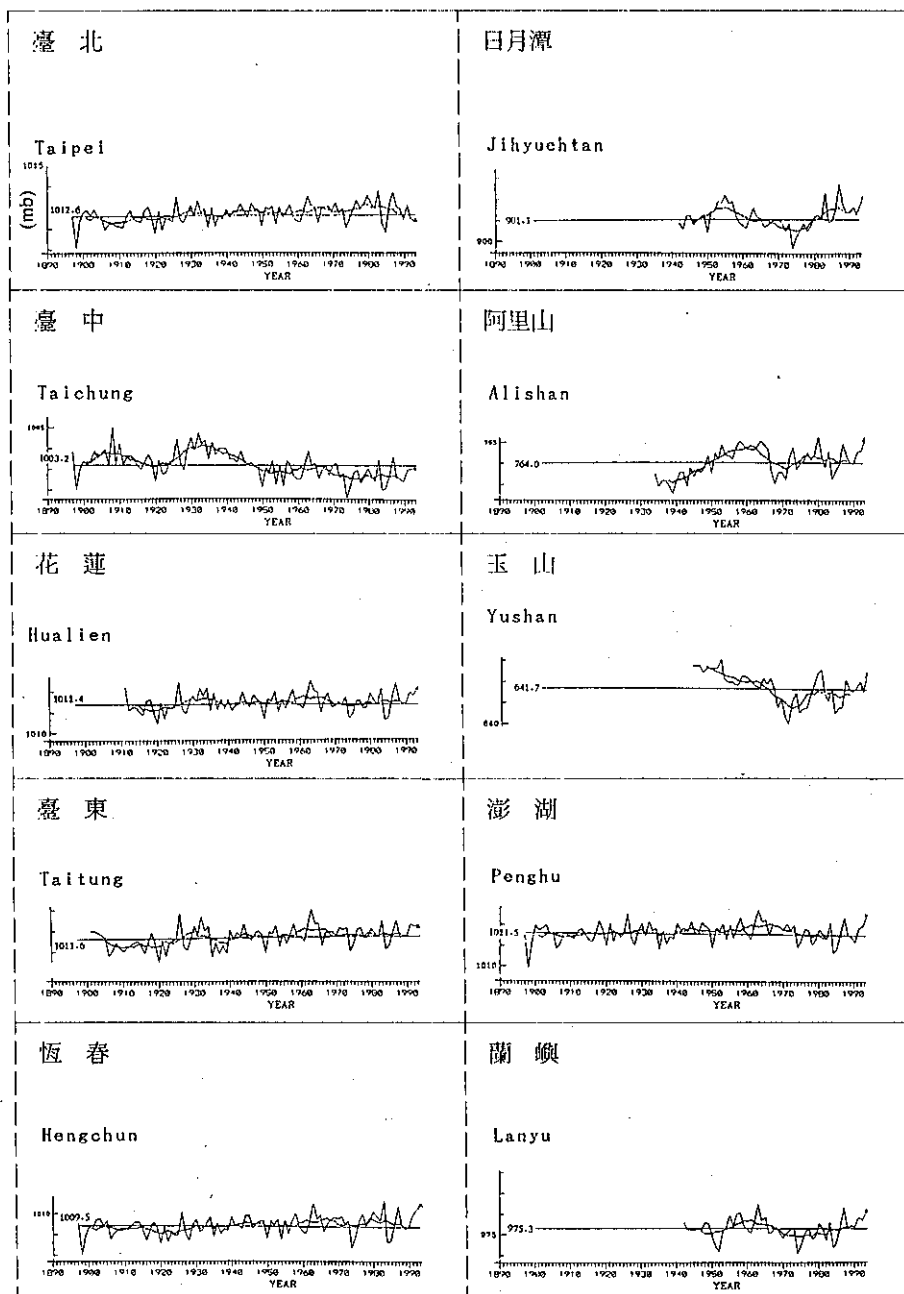
1963 年的雲量及降水量均極少，因此日照時數就比較多，又 1935-1955 年間是一多雲期，日照時數雖然並未相對的減少，但其走勢確是略為相背。



年平均雲量，  
 九年移動平均雲量，  
 數值——總平均雲量  
 圖五 年平均雲量 (1-10) 長期變化及其九年移動平均趨勢圖

### 5. 氣壓

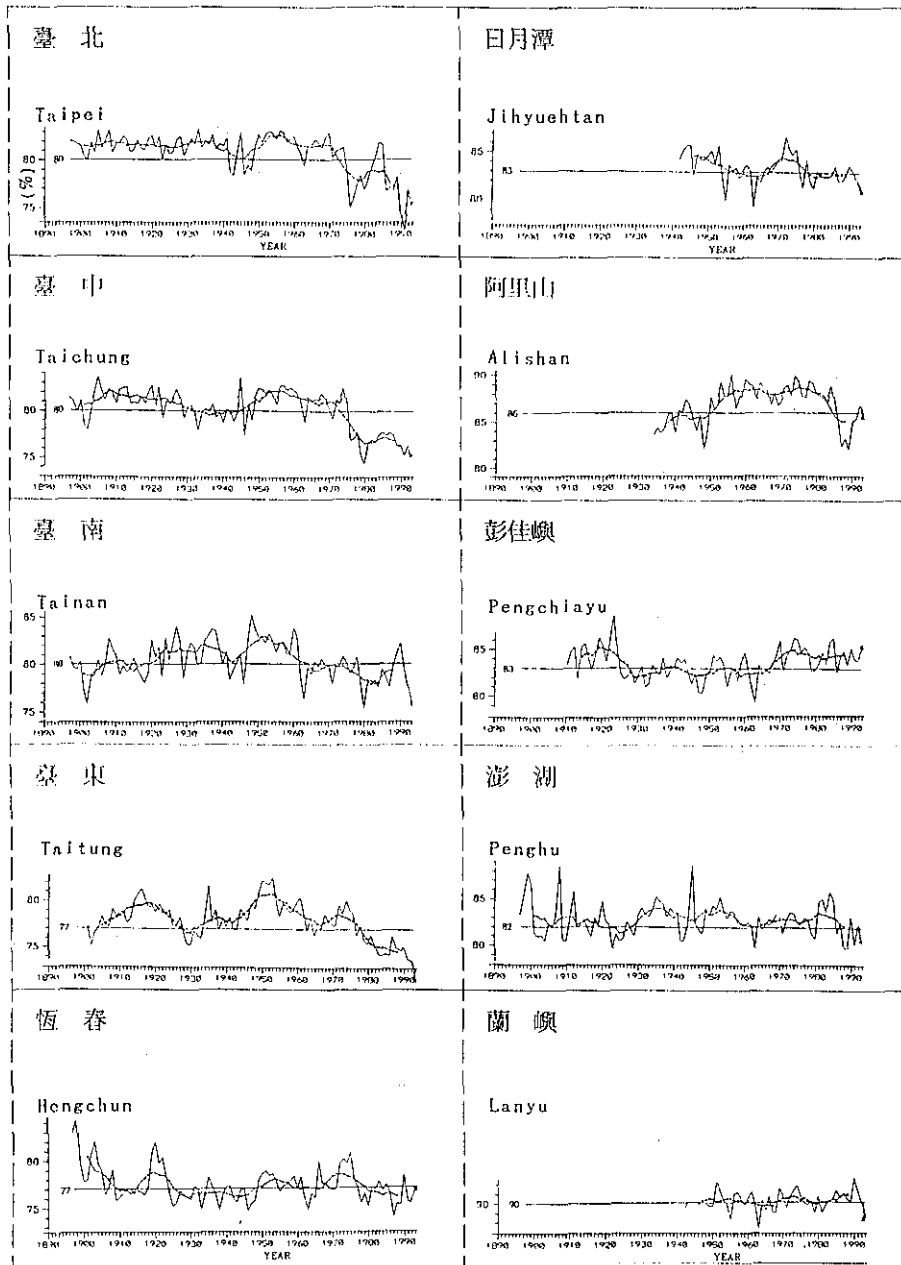
本世紀氣壓之變化，自 1930 年後其標準差變得比較大，而氣壓波動之搖擺現象，山地要比平地幅度為大。



圖六 年平均氣壓 (hPa 或 mb) 長期變化及其九年移動平均趨勢圖

## 6. 相對濕度

近三十年來除高山離島外，普遍下降了 2-5 %。

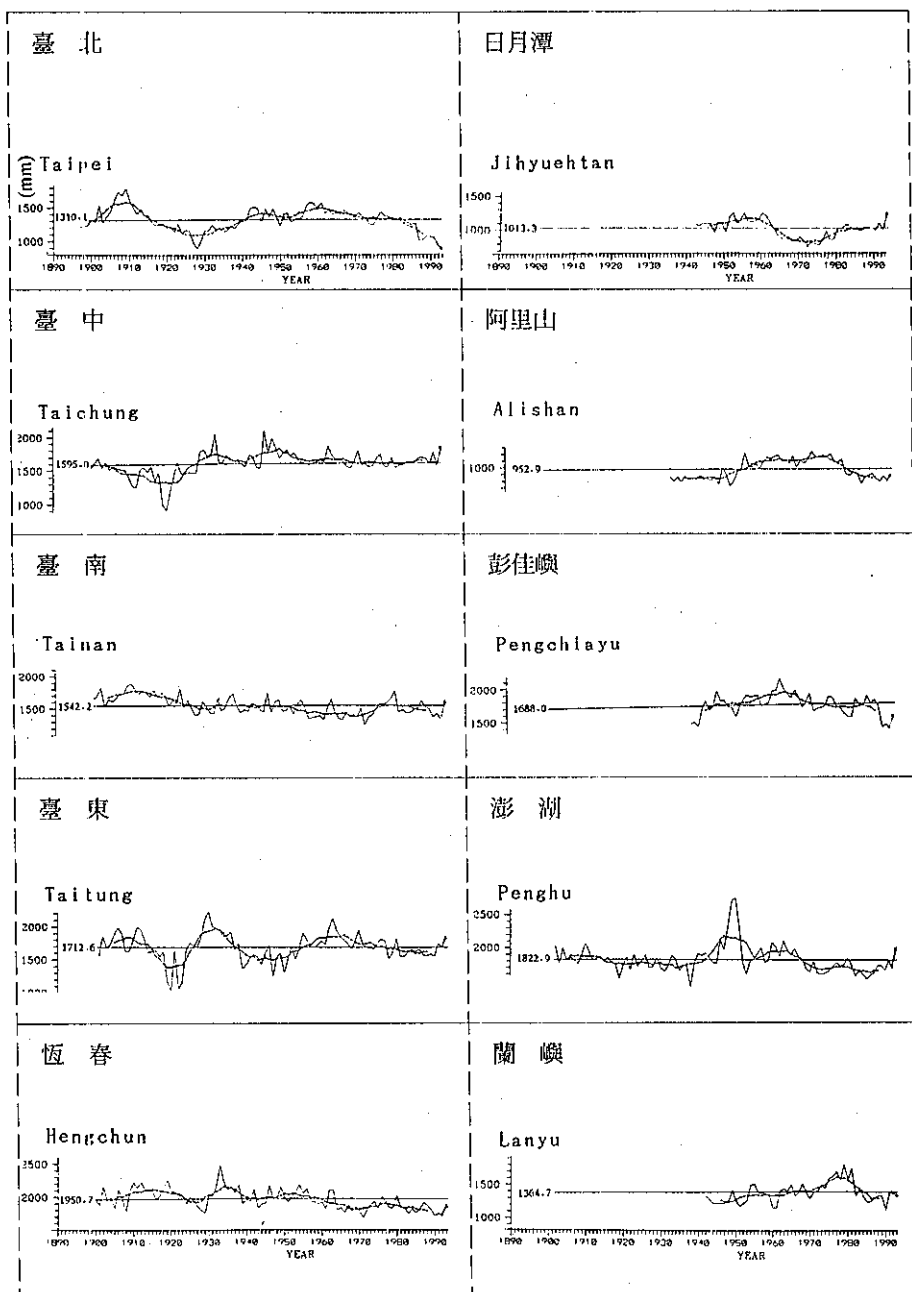


圖七 年平均相對濕度 (%) 長期變化及其九年移動平均趨勢圖  
 年平均值， 移動平均值， 數值——總平均值



## 7. 蒸發量

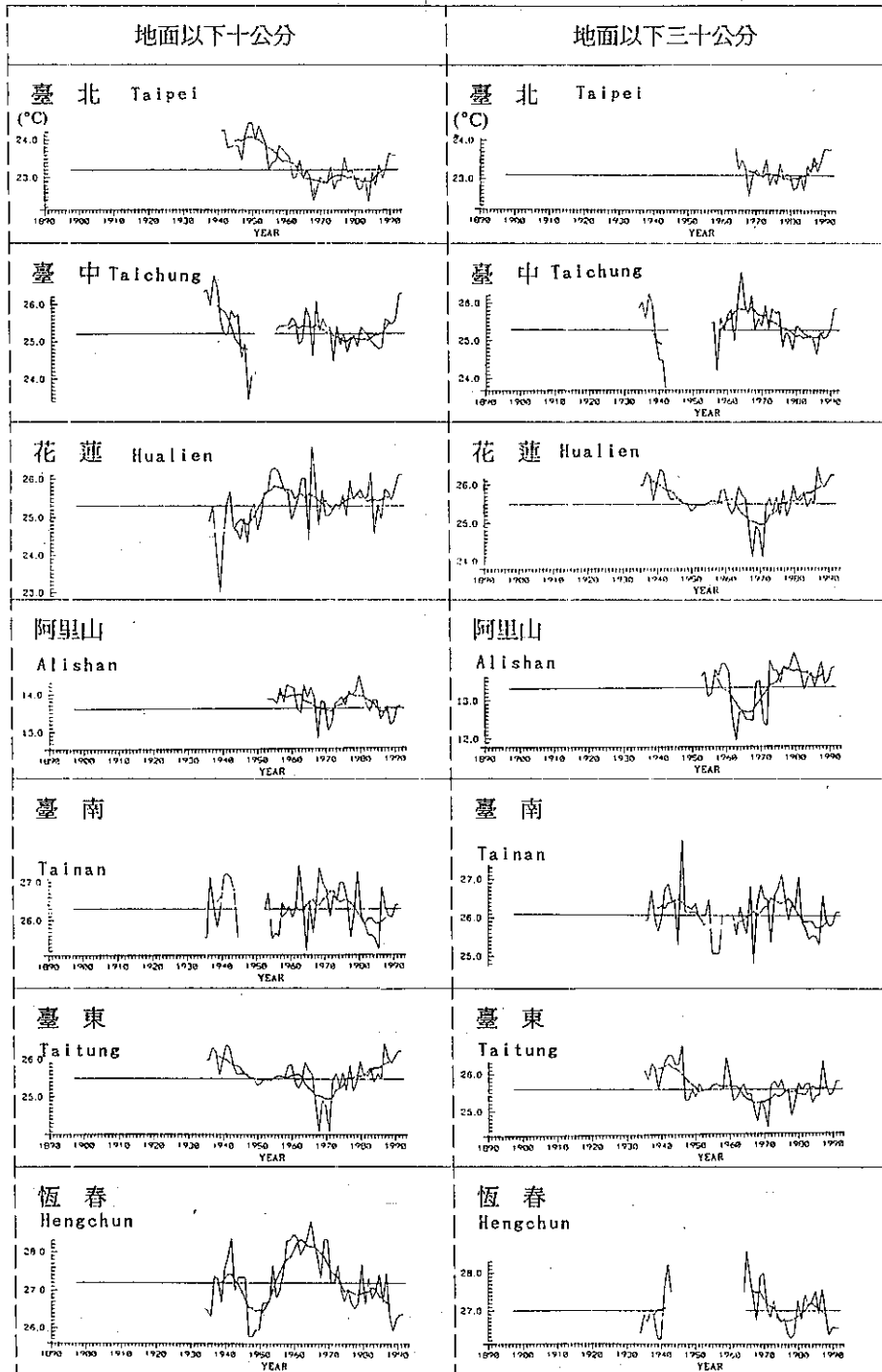
近年來蒸發量在不同之地方，就其最近十年之趨勢看，除臺中、日月潭及澎湖外，大部分地區均約略下降了有 100-400公釐之不等量。



圖八 年平均蒸發量 (mm) 長期變化及其九年移動平均趨勢圖

## 8. 地中溫度

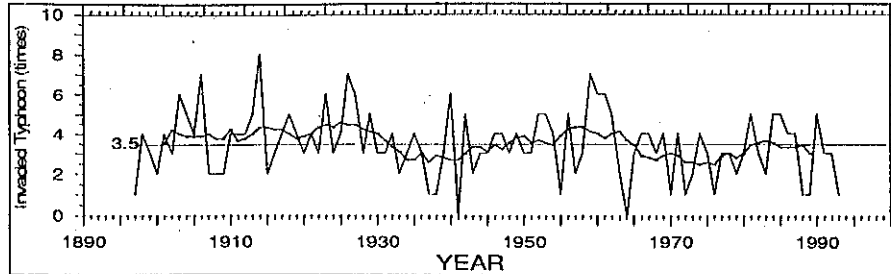
在近三十年中，呈先降後升之趨勢，其起伏之程度較氣溫為大



圖九 年平均地中溫度 (°C) 長期變化及其九年移動平均趨勢圖

9. 侵臺颱風

侵臺颱風之次數以1920至1930及1950至1960年代為較多期，1930至1940及1970年代則較少。



— 年平均值， - - - - 移動平均值， 數值 ——— 總平均值

圖十 侵臺颱風次數歷年變化及其九年移動平均趨勢圖

表七 1897-1993 各月侵臺颱風次數一覽表

| Yr\Mo | Jan. | Feb. | Mar. | Apr. | May | June | July | Aug. | Sep. | Oct. | Nov. | Dec. | Ann. | Yr\Mo | Jan. | Feb. | Mar. | Apr. | May | June | July | Aug. | Sep. | Oct. | Nov. | Dec. | Ann. |
|-------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1897  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | 1    | -    | -    | -    | -    | 1    | 1890  | -    | -    | -    | -    | -   | 1    | -    | -    | -    | 1    | 1    | 3    |      |
| 1898  | -    | -    | -    | -    | -   | 1    | -    | 2    | 1    | -    | -    | -    | 4    | 1891  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 1    | 1    | 1    | 1    | -    | 3    |      |
| 1899  | -    | -    | -    | 1    | -   | -    | -    | 2    | -    | -    | -    | -    | 3    | 1892  | -    | -    | -    | -    | -   | 1    | 1    | -    | 1    | -    | 2    | 5    |      |
| 1900  | -    | -    | -    | -    | -   | 1    | -    | 1    | -    | 1    | -    | -    | 2    | 1893  | -    | -    | -    | -    | -   | 1    | 1    | 2    | 1    | -    | -    | 5    |      |
| 1901  | -    | -    | -    | 1    | -   | -    | -    | 2    | -    | 1    | -    | -    | 4    | 1894  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 1    | 1    | 1    | -    | 2    | 4    |      |
| 1902  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | 3    | -    | -    | -    | -    | 3    | 1895  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | 1    | -    | -    | -    | 1    |      |
| 1903  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 1    | 4    | -    | 1    | -    | -    | 6    | 1896  | -    | -    | 1    | -    | -   | -    | -    | 1    | 3    | -    | -    | 5    |      |
| 1904  | -    | -    | -    | -    | -   | 1    | 3    | 1    | -    | -    | -    | -    | 5    | 1897  | -    | -    | -    | -    | -   | 1    | -    | -    | 1    | -    | -    | 2    |      |
| 1905  | -    | -    | -    | -    | 1   | 1    | 1    | 1    | 1    | -    | -    | -    | 4    | 1898  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 1    | 1    | 1    | -    | -    | 3    |      |
| 1906  | -    | -    | -    | -    | 2   | -    | 1    | 1    | 1    | 2    | -    | -    | 7    | 1899  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 1    | 3    | 1    | 1    | 1    | 7    |      |
| 1907  | -    | -    | -    | -    | 1   | 1    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 2    | 1900  | -    | -    | 1    | -    | -   | 1    | 1    | 3    | -    | -    | -    | 6    |      |
| 1908  | -    | -    | -    | -    | 1   | -    | -    | 1    | -    | -    | -    | -    | 2    | 1901  | -    | -    | -    | -    | 1   | -    | 1    | 2    | 2    | -    | -    | 6    |      |
| 1909  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | -    | 2    | -    | -    | -    | 2    | 1902  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 1    | 2    | 1    | 1    | -    | 5    |      |
| 1910  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 1    | 2    | 1    | -    | -    | -    | 4    | 1903  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 1    | -    | 1    | -    | -    | 2    |      |
| 1911  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 1    | 2    | 1    | -    | -    | -    | 4    | 1904  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 0    |      |
| 1912  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | 2    | 2    | -    | -    | -    | 4    | 1905  | -    | -    | -    | -    | -   | 1    | 1    | 1    | -    | -    | -    | 3    |      |
| 1913  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 2    | 1    | 2    | -    | -    | -    | 5    | 1906  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 1    | 2    | -    | -    | -    | 4    |      |
| 1914  | -    | -    | -    | -    | -   | 2    | 2    | 2    | 2    | -    | -    | -    | 8    | 1907  | -    | -    | -    | -    | -   | 1    | -    | 1    | -    | 1    | 1    | 4    |      |
| 1915  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 1    | -    | 1    | -    | -    | -    | 2    | 1908  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | 2    | -    | 2    | -    | 3    |      |
| 1916  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 2    | -    | 1    | -    | -    | -    | 3    | 1909  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 1    | 1    | 1    | 1    | -    | 4    |      |
| 1917  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 2    | 1    | 1    | -    | -    | -    | 4    | 1910  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 1    |      |
| 1918  | -    | -    | -    | -    | -   | 1    | 1    | 1    | -    | 2    | -    | -    | 5    | 1911  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 2    | -    | 2    | -    | -    | 4    |      |
| 1919  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 1    | 2    | 1    | -    | -    | -    | 4    | 1912  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | 1    | -    | -    | -    | 1    |      |
| 1920  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 2    | -    | 1    | -    | -    | -    | 3    | 1913  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | 1    | -    | 1    | -    | 2    |      |
| 1921  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 1    | 2    | 1    | -    | -    | -    | 4    | 1914  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 1    | -    | 1    | 1    | -    | 3    |      |
| 1922  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | 1    | 2    | -    | -    | -    | 3    | 1915  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 1    |      |
| 1923  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 1    | 3    | 1    | 1    | -    | -    | 6    | 1916  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | 1    | 1    | 1    | -    | 3    |      |
| 1924  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 1    | 1    | 1    | -    | -    | -    | 3    | 1917  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | -    | 1    | -    | -    | 1    |      |
| 1925  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 2    | 1    | 1    | -    | -    | -    | 4    | 1918  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | -    | 1    | -    | -    | 1    |      |
| 1926  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 2    | 2    | 2    | 1    | -    | -    | 7    | 1919  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | 2    | -    | -    | -    | 2    |      |
| 1927  | -    | -    | -    | -    | 1   | 1    | 2    | 2    | -    | -    | -    | -    | 6    | 1920  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 1    | 1    | 1    | -    | -    | 3    |      |
| 1928  | -    | -    | -    | -    | -   | 1    | 1    | 1    | 1    | -    | -    | -    | 3    | 1921  | -    | -    | -    | -    | -   | 2    | 1    | 1    | -    | -    | -    | 5    |      |
| 1929  | -    | -    | -    | -    | -   | 1    | 3    | 1    | -    | -    | -    | -    | 5    | 1922  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 1    | 2    | -    | -    | -    | 3    |      |
| 1930  | -    | -    | -    | -    | 1   | -    | 2    | -    | -    | -    | -    | -    | 3    | 1923  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | 1    | -    | 1    | -    | 2    |      |
| 1931  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | 2    | 1    | -    | -    | -    | 3    | 1924  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 1    | 1    | 3    | -    | -    | 5    |      |
| 1932  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 2    | 1    | -    | 1    | -    | -    | 4    | 1925  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 1    | 1    | 1    | 1    | -    | 5    |      |
| 1933  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | -    | 1    | 1    | -    | -    | 2    | 1926  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 1    | 1    | 1    | -    | -    | 4    |      |
| 1934  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 1    | 1    | 1    | -    | -    | -    | 3    | 1927  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | 2    | -    | 1    | -    | 4    |      |
| 1935  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 2    | 2    | -    | -    | -    | -    | 4    | 1928  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 1    |      |
| 1936  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | 2    | 1    | -    | -    | -    | 3    | 1929  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | -    | 1    | -    | -    | 1    |      |
| 1937  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | 1    | -    | -    | -    | -    | 1    | 1930  | -    | -    | -    | -    | 1   | 1    | -    | 2    | 1    | -    | -    | 5    |      |
| 1938  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | -    | 1    | -    | -    | -    | 1    | 1931  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 1    | 1    | 1    | -    | -    | 3    |      |
| 1939  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 1    | 1    | -    | 1    | -    | -    | 3    | 1932  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | 1    | 2    | -    | -    | 3    |      |
| 1940  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 3    | 2    | 1    | -    | -    | -    | 6    | 1933  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | -    | 1    | -    | -    | 1    |      |
| 1941  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 0    | 1934  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 0    |      |
| 1942  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 3    | 1    | 1    | -    | -    | -    | 5    | 1935  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 1    |      |
| 1943  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 2    | -    | -    | -    | -    | -    | 2    | 1936  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 1    |      |
| 1944  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 1    | 1    | 1    | -    | -    | -    | 3    | 1937  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | 2    | -    | 1    | -    | 4    |      |
| 1945  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | -    | -    | 3    | -    | -    | 3    | 1938  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 1    |      |
| 1946  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 1    | 2    | -    | 1    | -    | -    | 4    | 1939  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 1    |      |
| 1947  | -    | -    | -    | -    | -   | 1    | 1    | -    | 1    | -    | 1    | -    | 4    | 1940  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 1    |      |
| 1948  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | 1    | -    | 2    | -    | -    | 3    | 1941  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 0    |      |
| 1949  | -    | -    | -    | -    | -   | -    | 1    | -    | 2    | 1    | -    | -    | 4    | TOT   | 0    | 0    | 0    | 2    | 12  | 25   | 82   | 104  | 78   | 28   | 7    | 335  |      |

(三) 氣候週期 (climatic periodicity)

採用自相關係數之波譜 (調合) 分析方法, 尋找氣溫, 降水量及侵臺颱風次數之週期值, 其結果列如表八。

表八 年平均氣溫及降水量週期變化之自相關係數波譜分析結果

單位：年

| 測 站  | 項 目     | 氣 溫    |     |     | 降 水 量 |     |     |     |     |
|------|---------|--------|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|
|      |         | 長      | 中   | 短   | 長     | 中   | 短   |     |     |
| 臺北   | (6m)    | 44     | 5.7 | 2.2 | 44    | 3.1 | 2.1 |     |     |
| 臺中   | (84m)   | 51     | 44  | 5.7 | 2.2   | -   | 8.0 | 3.0 | 2.1 |
| 臺南   | (14m)   | 44     | 44  | 5.7 | 2.2   | 44  | 8.7 | 2.2 |     |
| 臺東   | (9m)    | 44     | 7.6 | 5.7 | 2.1   | 22  | 4.2 | 2.1 |     |
| 恆春   | (22m)   | 22     | 44  | 5.4 | 2.2   | 44  | 4.3 | 2.1 |     |
| 阿里山  | (2413m) | 18     | 4.0 | 2.6 | 12    | 3.0 | 2.1 |     |     |
| 彭佳嶼  | (102m)  | 17     | 8.4 | 2.2 | 44    | 8.4 | 4.1 | 2.1 |     |
| 澎湖   | (11m)   | 17     | 4.4 | 2.2 | 16    | 7.8 | 2.7 |     |     |
|      |         | 侵臺颱風次數 |     |     |       |     |     |     |     |
| 臺灣地區 |         | 34     | 7.0 | 3.1 |       |     |     |     |     |

### 三、結論與建議

- (1) 全省平地及離島地區，自1920年代起氣溫有明顯逐漸升高之趨勢，至1950年代達最高點後，普遍略有回降之現象，至1970年代各站升降不一，到1980年代後，大城市有較大之氣溫升高現象，小市鎮及高山離島則升溫現象較不顯著。而且中南部地區冬季氣溫變得較冷，夏季氣溫變得較熱，年較差逐漸變大。
- (2) 臺灣地區近三十年較前三十年，東北部地區降水量增加約 5%，中南部則減少約 10-20%。
- (3) 全省大部分地區（除高雄，嘉義，大武及蘭嶼）之日照時數，在近三十年間減少了約三、四百小時（15-25%）。一年中以五至十一月間，減少之量較顯著。
- (4) 雲量與日照之走勢略為相背，惟近十年來臺中、臺南及阿里山確有同向之走勢，有待進一步之分析。
- (5) 氣壓平地變動微小，山地波動起伏則較大。
- (6) 相對濕度近三十年來除高山離島外，普遍下降了 2-5 %。
- (7) 近年來蒸發量在不同之地方，就其最近十年之趨勢看，大約下降了有 100-400公釐之不等量。
- (8) 地中溫度在近三十年中，呈先降後升之趨勢，其起伏之較氣溫為大。
- (9) 氣溫及降水量均有近似兩年之週期振動（降水量 2.1 年，氣溫 2.2 年）及44年之長週期波。至於在十年以下兩年以上間，氣溫尚有 5.7 年之變化週期，而降水方面之週期則較不一致，此表示降水受地理因素之影響極大，各地有各地之特性，必須單獨處理，有待進一步之分類解析。
- (10) 在長時間資料之比較下，會發現現有紀錄中，會有一些不連續現象，必須予以研判是否為氣候變化所造成？若是觀測上之變動所造成，就必須設法調整，並設法建立資料分級使用制度。

取材自：

1. 氣象通訊，民國三十九年十一月，第五卷十一期，成立五週年專刊
2. 中華民國交通統計月報，民國八十一年十二月，交通部出版，  
ISSN 1016-734X，pp.255-267  
臺灣近百年來之氣象統計與氣候變遷，中央氣象局
3. 氣候變遷對環太平洋地區農業生產之影響第三屆研討會論文集，  
中華民國八十二年七月，中央氣象局編印，ISBN 957-00-2656-1，  
pp.177-200  
Proceedings "THE THIRD SYMPOSIUM ON THE IMPACT OF CLIMATIC  
CHANGE ON AGRICULTURAL PRODUCTION IN THE PACIFIC RIM (May  
17-20,1993 Taiwan, ROC)", Edited by Central Weather Bureau,  
The Climatic Change during Past Centenary in Taiwan Area,  
Hsiao Chang-keng

## 五、 附 錄

### 5.4 台灣地區氣象災害之分析

## 目 錄

頁次

|                      |        |
|----------------------|--------|
| 一、前 言 .....          | 附 4- 1 |
| 二、氣象災害 .....         | 附 4- 2 |
| (一) 颱風 .....         | 附 4- 2 |
| (二) 異常降水(包括梅雨) ..... | 附 4- 6 |
| (三) 寒潮 .....         | 附 4- 7 |
| (四) 乾旱 .....         | 附 4- 9 |
| (五) 其他特殊氣象災害 .....   | 附 4- 9 |
| 三、結 語 .....          | 附 4-19 |

## 圖 目 錄

|                                                                |        |
|----------------------------------------------------------------|--------|
| 圖4-1 侵台颱風路徑分類圖(1897-1993年) .....                               | 附 4- 3 |
| 圖4-2 氣象災害損失分類 .....                                            | 附 4-16 |
| 圖4-3 因災變天氣導致人員傷亡數(1961-1991) .....                             | 附 4-16 |
| 圖4-4 因災變天氣導致房屋損毀數(1961-1991) .....                             | 附 4-17 |
| 圖4-5 氣象災害直接損失(1961-1991) .....                                 | 附 4-17 |
| 圖4-6 災變天氣造成農業損失(1961-1991) .....                               | 附 4-18 |
| 圖4-7 台灣地區近十二年來之氣象災害逐年損失金額及占該<br>年國民生產毛額百分比分布圖(1980-1991) ..... | 附 4-18 |

## 表 目 錄

|                                                 |        |
|-------------------------------------------------|--------|
| 表4-1 歷年颱風侵台頻率表(1897-1993年) .....                | 附 4- 3 |
| 表4-2 台灣地區三十一年來因侵台颱風造成農業災害損失金額一覽表 .....          | 附 4- 5 |
| 表4-3 台灣地區1985年底及1986年初因寒潮導致養殖漁業損失統計表 .....      | 附 4- 8 |
| 表4-4 台灣地區1993年1月中旬至2月中旬因寒潮導致養殖漁業<br>損失統計表 ..... | 附 4- 8 |
| 表4-5 台灣地區因強風導致各項損失統計表 .....                     | 附 4-10 |
| 表4-6 台灣地區因龍捲風導致各項損失統計表 .....                    | 附 4-11 |
| 表4-7 台灣地區因海水倒灌導致漁業損失統計表 .....                   | 附 4-12 |
| 表4-8 台灣地區1984年6月因冰雹導致農業損失一覽表 .....              | 附 4-12 |
| 表4-9 台灣地區1992年4月20日因冰雹導致農業損失一覽表 .....           | 附 4-12 |
| 表4-10 臺灣地區近三十一年來因氣象因素導致各項災害損失<br>金額一覽表 .....    | 附 4-14 |
| 表4-11 台灣地區最近十二年來氣象災害(1991年實質貨幣)指標 .....         | 附 4-15 |

# 台灣地區氣象災害之分析

陳正改 陳明志

中央氣象局防災科

## 一、前言

氣象災害與其它的自然災害同是人類最大的殺手，它常造成人民生命財產的重大損失。古今中外，這種嚴酷的例子不勝枚舉。隨著社會經濟的發展，物質財富累積的增加，生活水準的提升，它對人類社會經濟的威脅和造成的損失也急速地增大。據 Simpson 和 Pielke ( 1976 ) 之分析，美國因受到颱風侵襲而造成的經濟損失，從四十年代到七十年代的三十年間，有呈指數增加的趨勢；七十年代末期因颱風造成的經濟損失，平均每年超過八億美元，約為四十年代初期的五倍。又據美國聯邦政府國外救災總署 ( OFDA ) 之調查，亞太地區於 1964 - 1986 年間共發生 708 次各種天然災害，造成 120 萬人死亡，直接的經濟損失高達 180 億美元；其中，因颱風所導致的災害計有 225 次 ( 占總發生次數的 31.8 % )，造成 40 萬人死亡 ( 占總死亡人數的 1/3 )，7400 萬人受到影響，直接的經濟損失約為 45 億美元 ( 占總損失的 1/4 ) ( Typhoon Committee, Newsletter No.2, 1990 )；由此可知，於亞太地區颱風災害之發生是相當的頻繁，對人類的危害亦極嚴重。

另根據聯合國之調查，過去二十年中，全世界因天然災害之發生而造成約三百萬人之死亡，並直接影響了八億人的生計；尤其在 1986 及 1987 這兩年中國全世界就發生了 110 次嚴重的天然災害，且均屬世界級的災難，例如非洲撒哈拉的嚴重旱災、孟加拉遭受本世紀最嚴重的水災，亞美尼亞發生毀滅性的大地震，這種天然災害之發生對開發中國家的影響最為嚴重。

英國著名的經濟學人週刊 ( The Economist ) 於 1987 年 2 月亦曾報導瑞士再保險公司 ( Swiss Reinsurance Company ) 之統計，自 1970 至 1985 年間，全世界共有 2305 件重大災難發生，因而導致 150 萬人死亡 ( 其中有 95 % 是肇因於天然災害 )，無家可歸者高達 5,000 萬人，財物之總損失高達 7,000 億美元，但經保險而獲得理賠者僅 260 億美元。

另據調查，美國加州地區於 1970 至 2000 年之間，其坡地若不採取植被或加固等防護措施，其災害損失金額可能高達 553 億美元；若投資 62 億美元從事災害預防工作，則可減少 384 億美元之損失，其本益比高達 6.2，故先進國家近年來對天然災害的防治相當地重視。



## 二、氣象災害

由上述之說明，我們了解在人類生存的地球這個行星系統之各個圈層（大氣圈、水圈、岩石圈、生物圈）中，經常發生各種各樣的天然災害，其中氣象災害之出現不僅頻率高、範圍廣、危害重，而且還會引發其它的災害（二度或再生災害），因此它具有原生災害的特性。

台灣位於溫帶與熱帶之交界處，又位於歐亞大陸塊與太平洋之交接處，屬於副熱帶季風區，災害天氣現象如颱風、豪雨、乾旱、寒潮等之發生頻繁，常造成生命財產之重大損失。本節擬針對台灣地區的氣象災害，依颱風、異常降水（包括梅雨）、寒潮、乾旱及特殊的氣象災害等項逐一地分析。

### （一）颱風

颱風係指西北太平洋地區所出現的「熱帶氣旋」，除具有暴風外，也常帶來大量豪雨，為威脅台灣地區最嚴重的自然災害。台灣位於颱風路徑的要衝，每年都受到颱風的侵襲。由表 4-1 得知，侵襲台灣地區之颱風（指颱風中心在台灣登陸；或雖未登陸，僅在台灣近海經過，但陸上有災情發生者），平均每年有三到四次之多，最早發生在四月下旬，最晚則在十一月下旬，而其中以八月份的次數最多，七月和九月份次之，所以每年的七、八、九三個月可稱為台灣地區的颱風季。

颱風行徑路線並非一成不變，有時甚不規則；台灣地區受颱風侵襲時，各地區的風雨狀況，因其路徑之不同而異，因而災害的程度也有所差異。從 1897 年到 1993 年共 97 年來，侵襲台灣地區的颱風路徑可歸併成七類，如圖 4-1 所示。其中以登陸高雄至恆春和宜蘭以北的地區，所造成的災害最為嚴重；而登陸東部地區所造成之災害則較輕，主要因由東部登陸之颱風，其環流受到中央山脈之阻擋而破壞，其強度會迅速減弱。

颱風侵襲時各地出現的風力大小，除與颱風的強度有關外，與當地的地形、高度以及颱風的路徑亦有密切的關係。各地的風力相差甚大，一般可歸納如下：

1. 東部地區：因首當颱風行徑的要衝，且無地形阻擋，故本區出現的風力為全省之冠。尤以第一、二、四類颱風出現的風力最為猛烈，第三、六類颱風出現的風力亦甚烈。
2. 北部、東北部地區：任何路徑的颱風均能出現相當大的風力，但以第一、二、四類颱風所出現的風力最為猛烈。

表4-1 歷年颱風侵台頻率表 (1897-1993年)

| 月份<br>次數          | 月份 |    |    |      |     |     |      |      |      |     |         |         | 合計  |
|-------------------|----|----|----|------|-----|-----|------|------|------|-----|---------|---------|-----|
|                   | 一月 | 二月 | 三月 | 四月   | 五月  | 六月  | 七月   | 八月   | 九月   | 十月  | 十月<br>一 | 十月<br>二 |     |
| 總共侵台次數            | 0  | 0  | 0  | 2    | 12  | 25  | 81   | 98   | 78   | 30  | 6       | 0       | 332 |
| 平均每年次數            | 0  | 0  | 0  | 0.02 | 0.1 | 0.3 | 0.8  | 1.0  | 0.8  | 0.3 | 0.06    | 0       | 3.4 |
| 占全年平均侵襲<br>次數之百分比 | 0  | 0  | 0  | 0.6  | 3.6 | 7.5 | 24.4 | 29.5 | 23.5 | 9.1 | 1.8     | 0       |     |
| 侵襲最多次數            | 0  | 0  | 0  | 1    | 2   | 2   | 3    | 4    | 3    | 3   | 2       | 0       |     |

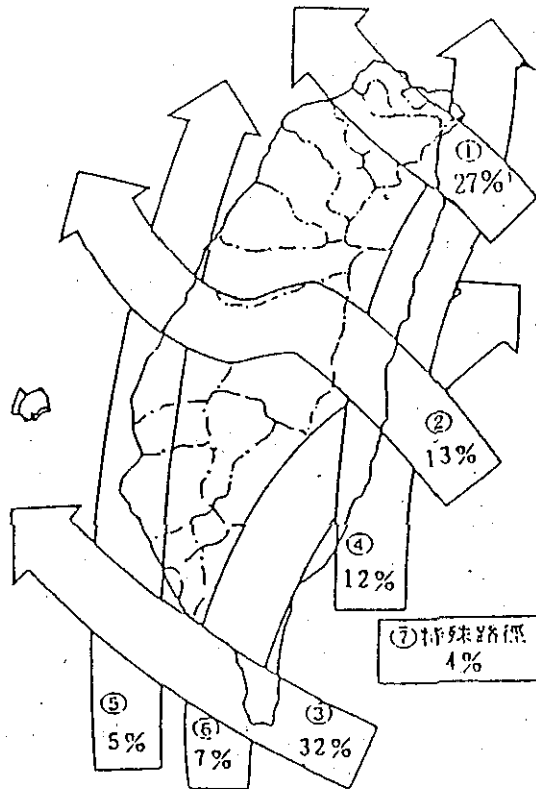


圖4-1 侵台颱風路徑分類圖(1897-1993年)

3.中部地區：因為受到中央山脈之屏障，除第二、五類颱風出現的風力較強外，其他各類颱風的風力多不太強。

4.南部地區：因為受到中央山脈之屏障，除第三、五、六類颱風出現的風力較為猛烈外，其餘各類颱風的風力均不太強。

颱風侵襲時常會帶來豪雨，但各地仍有很大的差別。颱風降雨的多寡須視其路徑、強度、水汽含量、雲雨分布、地形、移速等而定。根據路徑分析，各地降雨情形，可歸納成下列幾種情形：

- 1.第一類路徑颱風的降雨以北部地區最為嚴重，中部山區雨量亦多。如當時大陸上有高氣壓南下，更能增強雨勢，常導致北部的大水災。在此種天氣型式下，即使是二、三、四類路徑颱風，甚至遠從巴士海峽或呂宋島北部穿過者，亦可使北部及東北部豪雨成災。
- 2.第二類路徑颱風在登陸前，北部及東北部地區雨勢較強，穿過本省中部後，南部因西南風吹入，致雨勢增強，但以中南部山區雨勢最烈，尤以阿里山地區為最嚴重。
- 3.第三類路徑颱風從台灣南端通過，除東部雨量較多外，其他地區雨量不多。
- 4.第四類路徑颱風沿海岸或東方海面北上，以東部降雨最多，有時北部及東北部亦有較強雨勢。
- 5.第五、六類路徑颱風西南部及東南部影響較大，雨量最多，雨勢亦烈，東部、北部、東北部雨量不多。

颱風侵襲一地，直接或間接造成的災害可分為：

- 1.風災：颱風的風力可達十五、六級，對各種物體所加諸的壓力可達每平方公尺約 250 ~ 350 公斤，故常可吹翻船隻、吹毀農作物、建築物及電力、交通等設施，尤以農作物的損害最為嚴重。另外，颱風亦會引發焚風與鹽風，而使農作物枯萎。
- 2.水災：颱風所挾帶的豪雨，常引起山洪暴發，沖毀河堤、農田、房舍、道路、橋樑、及家畜、農作物等，並在河川下游及低窪地區積水成災。
- 3.山崩：颱風挾帶的豪雨，在山區沖刷山石，常造成山崩、路塌、交通阻斷；泥沙隨著山洪沖入低地的農田、房舍、河川、水庫，造成農田埋沒、人畜傷亡、水庫淤塞等災害。

4. 暴潮：颱風所產生的巨浪高達一、二十公尺，在海上造成船隻翻覆，在陸地則摧毀海堤及沿岸建築物，淹沒沿海低窪地區的房舍、農田及魚塭。
5. 疫災：颱風侵襲之後，因人畜的傷亡及環境的污染，常導致各種病蟲害及人畜的傳染病。

造成這些災害的原因，主要由颱風所具有的暴風、豪雨和引發的浪潮所促成的。洪水氾濫乃是豪雨所產生之逕流，甚或再受浪潮影響所致之結果。颱風浪潮不僅使海面發生最可怕之災害，沿海地區遭受之禍害尤足驚人。在河流出口處如風向助虐，浪潮每使海水倒流，因而沿海及河岸兩側地區發生嚴重之洪水泛濫。另一方面，風力狂暴雖然摧毀地面上較為脆弱之物體，而豪雨具有冲刷作用，乃使颱風造成災害格外慘烈。

以 1961 至 1991 年計 31 年之統計資料顯示（表 4-2），在 109 次侵襲台灣的颱風中，對台灣農業造成之災害損失金額（已依台灣地區消費者物價指數折合成 1991 年之實質貨幣），總計約有新台幣 942 億元，平均一年損失約 30 億元；其中以九月份之災情最嚴重，此乃因九月份正值台灣地區主要農作物二期稻作結穗、成熟期，颱風挾帶之強風、豪雨使稻作遭受嚴重的損害。農業災害之地區則以中南部最為嚴重，此與中南部為台灣主要農業區所在有密切關係。

1975—1991 年間，台灣地區因受到颱風侵襲而導致漁業損失金額約新台幣 178 億元，平均一年損失 10 億元；其中以養殖業之損失金額最多。在各縣市中，以嘉義和屏東縣的受災程度最嚴重。

近三十一年（1961—1991）來，因颱風之侵襲造成人員死亡（含失蹤）共 2497 人，受傷 7622 人，房屋全毀約 9.3 萬棟，半毀近 17 萬棟，平均每年死亡（含失蹤）有 80 人，受傷為 250 人，房屋全毀 3,000 棟。其中以七至九月造成的人員傷亡和房屋損毀最為嚴重，特別是九月份，其災情為全年之冠。

表 4-2 台灣地區三十一年來因侵台颱風造成農業災害損失金額  
（1991 年實值貨幣）一覽表

（金額單位：新台幣億元）

| 年 份         | 1961—1965                     | 1966—1970 | 1971—1975 | 1976—1980 | 1981—1985 | 1986—1990 | 1991 | 合計  |
|-------------|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|-----|
| 颱風次數        | 18                            | 17        | 21        | 14        | 18        | 18        | 3    | 109 |
| 農 業<br>損失金額 | 71                            | 226       | 170       | 56        | 82        | 319       | 18   | 942 |
| 備 註         | 金額已依台灣地區消費者物價指數折合 1991 年實值貨幣。 |           |           |           |           |           |      |     |

## (二)異常降水（包括梅雨）

台灣地區因地理環境特殊，加上地形複雜，有中央山脈縱貫南北，使得降水在空間和時間的分布呈現十分不均勻的現象。綜觀台灣地區，異常降水除颱風之外，主要可歸納為：(1)熱帶性低壓引起之豪雨；(2)西南氣流引發之雷雨或熱雷雨；(3)鋒面雨；(4)東北季風雨等四大類。

每年的五～六月為台灣地區的梅雨期，鋒面系統因滯留徘徊於台灣附近，而梅雨鋒面上的中尺度低壓擾動將很容易在台灣地區引發異常降水，造成嚴重水災。七、八、九月西南氣流或熱帶性低壓所引發的異常降水，由於其雨勢強，降水時間集中，常會造成嚴重的積水，導致農作物及魚塭等受損。十月至翌年四月之間，影響台灣地區之天氣型態，則以冷鋒及東北季風為主，其所引發的異常降水主要是出現於北部地區，受害農作物則大部分為蔬菜及少數的二期水稻。

1961—1991年間，台灣地區異常降水造成農業災害計101次，平均每年發生3.3次，其中以1984年的八次最多，1974年有七次居第二位，1988年有六次居第三位，而1962年及1963年未曾有雨害之記錄。另外以各月份發生次數而言，六月份出現的頻率最多，高達二十二次，五月份有十五次；而五至六月的二個月梅雨期就有三十七次，約占總次數的37%。這些雨害對台灣農業所造成的損失金額（已折合1991年之實質貨幣），計約新台幣284億元，平均每年之損失約為9.2億元。若由全年分配來看，以五、六月梅雨期間的災害程度最為嚴重，計高達新台幣154億元，占總災害金額的54%。災情最嚴重的是雲林縣，其次為台南縣及嘉義縣。因此台灣地區的雨害，主要是由梅雨鋒面之異常降水所造成，然其災害均為局部性，此為雨害與颱風災害的不同之處。

台灣地區1975—1991年間，因異常降水而導致漁業損失之豪雨災害計有14次，其中7次發生在梅雨季內（5～6月），其餘7次則發生在盛夏季節（7～9月），導致之損失約新台幣24億元。其中以1977年6月7日因梅雨鋒面所造成的豪雨災情最慘重，導致中南部五個縣市損失高達新台幣7.2億元。在受災項目中以養殖漁業占絕大多數，占雨害導致漁業總損失金額的98%，主要係養殖魚塭被豪雨引發洪水淹沒流失之故。

除以上之金額損失，在1961—1991年之三十一個年，有十六年因異常降水而造成人員傷亡，傷亡人數合計304人，其中以1984年的六三水災造成43人傷亡最多；其次為1966年的梅雨，造成33人傷亡，房屋損毀總共2987棟。此人員傷亡及房屋損毀的情形，雖不及颱風災害，但亦不容忽視。這些雨害大都發生在五～十月間，而以五、六月的梅雨期所佔的比例最高。

民國八十二年六月一日晚至六月二日上午間，因受梅雨鋒面系統所伴隨對流雷雨胞滯留之影響，苗栗及台中地區出現持續性的大雷雨，由於雨勢強烈，雨量集中，而引發山洪暴發導致六二小災，造成道路塌方、鐵路中斷、堤防潰決、橋樑損毀、廣大地區淹水等災害。根據調查，損失金額約二十億元左右。以縣份區分，則以苗栗縣最爲嚴重，台中縣次之，嘉義縣居三。

### (三) 寒 潮

冬季當大陸高壓南下時，台灣地區常因寒潮導致低溫紀錄，造成寒害，其特徵有二：

1. 每年十二月至翌年三月爲低溫出現期，其中以一月份出現頻率最高。
2. 中部地區在冬季較北部和南部更易出現低溫，且其低溫程度遠較北部和南部爲甚。雖然台灣平地地區出現 10℃ 以下低溫日數並不多，但低溫對於台灣的養殖漁業和農作物所造成的危害亦不容忽視。

1961—1991 年間，台灣地區雖僅有九年曾因寒流導致低溫而造成農作物災害，但農業受害總金額卻高達 57 億元，其中以 1963 年受害程度最嚴重，高達 27 億元。在全年當中，農作物受害多發生在一～二月，而以一月份受害程度最嚴重。而受害區域各縣市均可能發生，只是程度有輕重之別而已，其中以台南縣災情較嚴重。

寒害導致之漁業損失以養殖漁業最爲嚴重。近十多年來由於台灣地區養殖漁業蓬勃發展，養殖面積已由 1975 年的 53,606 公頃成長到 1991 年的 74,079 公頃，而其養殖種類也日趨精緻化；加上寒害發生時，其持續時間常在數日以上，而其受害地區亦甚爲廣闊，是以近年來，寒害所導致的養殖漁業損失，已漸爲有關單位所重視。

以 1985 年底及 1986 年初的寒害爲例，台灣地區由於受強烈寒潮爆發之影響，導致台灣地區養殖漁業連續三次因氣溫劇降而發生災情（表 4-3），其受災面積共約一萬四千公頃，占了全台灣總養殖面積的五分之一強；其損失金額高達新台幣四億四千多萬元。其中尤以 1986 年二月二十日～三月三日的寒流，導致中南部六個縣市養殖面積受災六千七百公頃，受損最爲嚴重，其損失金額高達新台幣三億四千多萬元。

表4-3 台灣地區1985年底及1986年初因寒潮導致養殖漁業損失統計表

| 發生時間                | 受災縣市                          | 受災面積<br>(公頃) | 損失金額<br>(仟元) |
|---------------------|-------------------------------|--------------|--------------|
| 1985年12月<br>16~17日  | 雲林縣、嘉義縣<br>台南市、台南縣            | 6,961        | 44,366       |
| 1986年元月<br>1~6日     | 嘉義縣                           | 199          | 49,665       |
| 1986年2月<br>27日~3月3日 | 雲林縣、嘉義縣<br>台南市、台南縣<br>高雄縣、屏東縣 | 6,694        | 347,110      |
| 合 計                 |                               | 13,854       | 441,141      |

註：損失金額均為當時貨幣

又1993年1月中旬至2月上旬，由於受到強烈寒潮之侵襲，導致台灣地區養殖漁業受到嚴重的損失，據台灣省漁業局之調查，損失金額高達三億八仟多萬元，其中以虱目魚之損失最為嚴重，約二億六仟萬元，占總損失的67%。受害區域則以台南縣市最為嚴重（表4-4）。

表4-4 台灣地區1993年1月中旬至2月中旬因寒潮導致養殖漁業損失統計表

| 受災縣市 | 受災面積(公頃) | 損失金額(仟元) |
|------|----------|----------|
| 台南市  | 1,710    | 171,000  |
| 台南縣  | 553      | 67,986   |
| 嘉義縣  | 543      | 53,368   |
| 高雄縣  | 734      | 52,841   |
| 彰化縣  | 612      | 3,360    |
| 雲林縣  | 3,200    | 30,000   |
| 桃園縣  | 100      | 5,100    |
| 花蓮縣  | 1        | 200      |
| 合 計  | 7,453    | 383,915  |

註：損失金額均為當時貨幣

## 四 乾 旱

台灣雨量雖然豐沛，但在時間和空間上的分布極不均勻，西南部地區於每年十月到翌年四月間，降雨量只約占全年雨量的 10 % 左右，而氣溫仍高，常呈現冬旱狀態。再者，若當年梅雨不顯或沒有颱風帶來足量的雨水時，則全省將普遍呈現乾旱現象，造成嚴重缺水，因而乾旱被列為台灣四大氣象災害之一。

就 1961 — 1991 年間的旱害記錄顯示，除 1966、1973、1975、1978、1981、1982、1985 及 1987 — 1990 年無旱害之報告外，其他各年或多或少均有因缺水而發生乾旱之災情，使農業之總損失達新台幣近八十億元（已折算為 1991 年實質貨幣），其中 1991 年因乾旱而導致農業之損失計達十八億元。各年因乾旱而導致農業災害的時間多集中在春夏兩季（三～七月）；而災情最嚴重的是台南縣、其次為雲林縣，嘉義縣居第三。由此可知，台灣地區之乾旱是以嘉南平原為最嚴重，而乾旱的程度是以此為中心向南北遞減。乾旱雖會導致農作物發生旱害，但在水源充足，灌溉系統良好的地方，短期的乾旱仍可藉地下水或其他措施予以彌補，對農作物不致造成太大威脅。

台灣地區之雨量來源除東北季風雨外，另有兩個降雨期：一為五、六月間之梅雨，一為夏季的颱風雨。根據中央氣象局之降雨資料分析，民國八十二年元月至梅雨期之雨量（台灣地區平均為 1009.1 公厘），與歷年同一時期雨量平均值（1074.8 公厘）比較並未顯著偏低；梅雨期雨量（82 年為 647.3 公厘）與歷年同一時期（675.2 公厘）甚為接近，更比八十一年（397.7 公厘）高出甚多。事實上，八十二年上半年之雨量尚稱正常，入夏以後颱風或在東經 130 度附近向北偏移，或在巴士海峽附近向西進行，以致颱風數次過門不入，未為台灣帶來豐沛雨量，因而導致台灣地區缺水，發生乾旱。

台灣地區平均十二年左右就會有一次較大規模乾旱，平均二年發生小旱一次。回顧民國六十九年及七十年間，台灣曾發生嚴重旱災，時隔十二年左右，民國八十二年再度發生大規模嚴重之乾旱，連素有雨港之稱的基隆也近百日未下雨，而出現乾旱；所幸在九月以後，因受東北季風及鋒面之影響，台灣北部地區出現較大的雨勢，基隆地區之枯旱終得以紓解，但其他地區仍為枯旱。

## 五 其他特殊氣象災害

台灣地區之氣象災害除以上四大災害外，尚有一些特殊的災害，其災情規模和程度均較前四項為小。其他的特殊氣象災害主要有：

1. 強風：台灣地區因強風所導致之各項損失，1961 — 1991 年間只有八年



有災情資料（表 4-5），表中所顯示者，僅為最少之損失情形，實際之發生次數和損失金額均應大於此數值。

2.龍捲風：一般來說，台灣地區因龍捲風災害導致之損失尚屬輕微。近三十三年來只有六年曾發生災情（表 4-6），其中當屬 1971 年四月發生在高雄、屏東地區之龍捲風所導致之農業損失為最嚴重，達新台幣約九仟五百萬元；其次為 1982 年五月二日的龍捲風，造成房屋半倒七十九棟，估計損失約二百萬元；又 1993 年 6 月 5 日發生於台南縣的龍捲風，曾造成五人受傷及該縣將軍鄉房屋半倒四十九棟。

表 4-5 台灣地區因強風導致各項損失統計表（1961—1991 年）

單位：仟元

| 發生年份 \ 受災項目 | 農 業     | 漁 業 | 港 埠    | 合 計     |
|-------------|---------|-----|--------|---------|
| 1978        | 143,891 |     |        | 143,891 |
| 1979        | 120,993 |     |        | 120,993 |
| 1980        | 3,675   |     |        | 3,675   |
| 1981        | -       |     | 51,488 | 51,488  |
| 1982        | -       | 908 |        | 908     |
| 1983        | 3,748   |     |        | 3,748   |
| 1987        | 94,062  |     |        | 94,062  |
| 1989        | 208,982 |     |        | 208,982 |
| 合 計         | 575,351 | 908 | 51,488 | 627,747 |

註：金額已依台灣地區消費者物價指數折合 1991 年實值貨幣。

表4-6 台灣地區因龍捲風導致各項損失統計表 (1961—1993年)

單位：千元

| 發生年份 | 受災項目 | 農業<br>(千元) | 漁業<br>(千元) | 電信<br>(千元) | 人口 (人) |      | 房屋 (棟) |    |
|------|------|------------|------------|------------|--------|------|--------|----|
|      |      |            |            |            | 死亡、失蹤  | 輕、重傷 | 全毀     | 半毀 |
| 1961 | —    | —          | —          | —          | 3      | 4    | 8      |    |
| 1971 | —    | 125,870    | —          | —          | —      | —    | —      |    |
| 1981 | —    | —          | —          | —          | —      | —    | 39     |    |
| 1982 | —    | —          | —          | 311        | —      | —    | 79     |    |
| 1983 | —    | —          | 1,619      | —          | —      | —    | —      |    |
| 1993 | —    | —          | —          | —          | 5      | —    | 49     |    |
| 合計   | —    | 125,870    | 1,619      | 311        | 0      | 4    | 175    |    |

3.海水倒灌：根據漁業局資料，近年來祇發生三次（颱風導致者除外）較嚴重之海水倒灌，共計損失新台幣一億八千元（表4-7）。值得注意的是其發生地點均集中在雲林、嘉義地區，且其受災項目均以養殖漁業為主。

4.冰雹：1984年六月底在南投縣、嘉義縣下了一場冰雹，造成農業總損失約新台幣三億二千多萬元（如表4-8）；以其受害之種類而言，計有青果類、茶及特用作物三種，而其中以青果類損失最為嚴重，約二億三千多萬元，占總損失約73%之多。若以其受災之地域而言，則只限於南投縣與嘉義縣兩個地方，其中以南投縣損失最慘重，約三億一仟萬元左右，占總損失的96%之多。

另於1992年4月20日於高雄縣及屏東縣亦下了一場冰雹，導致農業總損失達新台幣一億九仟五百多萬元（如表4-9）；受害之種類計有水稻、蔬菜和香蕉等水果，其中以香蕉之損失最為嚴重，約八仟陸佰萬元，占總損失的44%；蔬菜之損失約四仟七佰萬元，占總損失的24%。受災地域以高雄縣最為嚴重，占總損失的87%，其他則集中於屏東縣及台東縣。

表4-7 台灣地區因海水倒灌導致漁業損失統計表

單位：仟元

| 發生時間        | 發生地點 | 受災項目 | 損失金額<br>(仟元) |
|-------------|------|------|--------------|
| 1976年5月上旬   | 嘉義縣  | 養殖漁業 | 41,376       |
| 1983年6月3日   | 嘉義縣  | 養殖漁業 | 135,478      |
| 1984年10月29日 | 嘉義縣  | 養殖漁業 | 2,398        |
| 合 計         |      |      | 179,252      |

表4-8 台灣地區1984年6月因冰雹導致農業損失一覽表

單位：仟元

| 作物種類<br>受災縣市 | 青果類     | 茶      | 特用作物   | 合 計     |
|--------------|---------|--------|--------|---------|
| 南投縣          | 237,138 | 43,680 | 29,031 | 309,849 |
| 嘉義縣          | —       | —      | 13,200 | 13,200  |
| 合 計          | 237,138 | 43,680 | 42,231 | 323,049 |

註：損失金額為當年幣值

表4-9 台灣地區1992年4月20日因冰雹導致農業損失一覽表

單位：仟元

| 作物種類<br>受災縣市 | 水稻    | 玉蜀黍  | 蔬菜    | 洋香瓜  | 香蕉    | 鳳梨    | 芒果   | 蓮霧   | 木瓜  | 其他<br>青果 | 合 計    |
|--------------|-------|------|-------|------|-------|-------|------|------|-----|----------|--------|
| 高雄縣          | 16956 | 9234 | 45192 | 7128 | 75140 | 11160 | 2000 | 1035 | 640 | 1093     | 169578 |
| 屏東縣          |       |      | 1440  |      | 10530 |       |      | 5280 | 180 |          | 17430  |
| 台東縣          | 8424  |      |       |      |       |       |      |      |     |          | 8424   |
| 合 計          | 25380 | 9234 | 46632 | 7128 | 85670 | 11160 | 2000 | 6315 | 820 | 1093     | 195432 |

註：損失金額為當年幣值

### 三、結 語

1961—1991 共計三十一年間，台灣地區因氣象因素（包括颱風、異常降水、寒潮、乾旱、突變強風、龍捲風、冰雹、海水倒灌等）導致農業、房屋、鐵路、水利、港埠、漁業、電力、電信、公路及其他（包括工商、主要風景區及山地農牧）等之災害損失統計如表 4-10（其中水利及房屋之損失係為估計值），各項損失金額均已換算成以 1991 年台灣地區消費者物價指數為標準的實質貨幣，由此可知，在此三十一年間，平均每年氣象災害的直接損失為新台幣 142 億元；其中水利設施之損失占 44.0% 為最多，農業損失占 31.6% 次之，房屋損失占 8.7% 居第三（圖 4-2）。這些損失主要是由七至十月之颱風（約占 70%）及五、六月之豪雨（約占 26%）所造成，乾旱與寒潮所造成之損失則各約占 2%。雖然氣象災害所造成之人員傷亡與房屋損毀數目有逐年減少的趨勢（圖 4-3 ~ 圖 4-4），但水利設施與農業等之損失卻沒有逐年減少（圖 4-5 ~ 圖 4-6）。

由表 4-10 知 1980 ~ 1991 年的災情資料最為完整，而在這十二年之中，以 1986 年的災害損失最為嚴重，達新台幣 405 億元，相當於該年國民總生產毛額的 1.21%；1980 年最少亦有新台幣 53 億元的損失，為當年國民總生產毛額的 0.26%（圖 4-7）。就此十二年的平均而言，年平均氣象災害損失達新台幣 150 億元，相當於國民總生產毛額的 0.47%，此數值相當驚人，足見氣象災害對國家經濟成長的衝擊之大，應予以重視。這十二年間，台灣地區每位國民平均每年負擔的氣象災害損失為新台幣 776 元（表 4-11）。

表4-10 臺灣地區近三十一年來因氣象因素導致各項災害損失金額  
(1991年實質貨幣)一覽表(1961~1991)

(金額單位：新臺幣萬元)

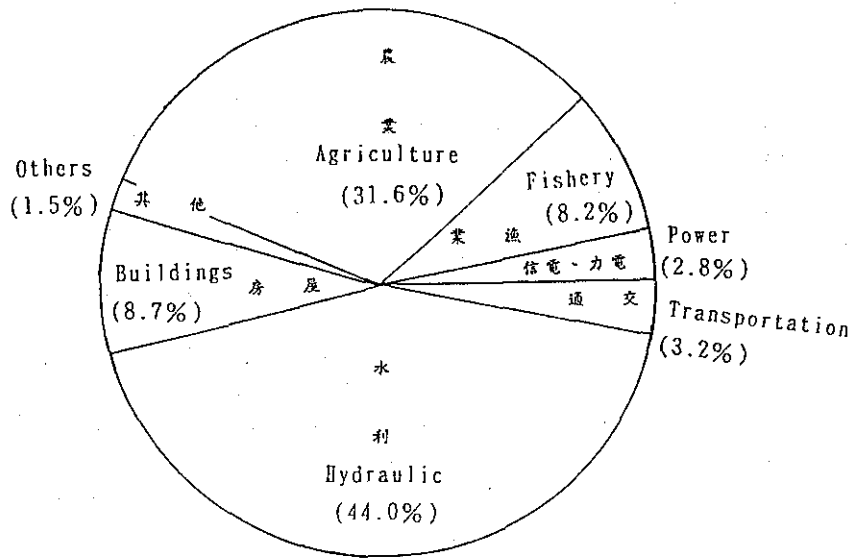
| 類別<br>年份 | 農 業      | 漁 業     | 水 利      | 電 信<br>電 力 | 交 通     | 房 屋     | 其 他    | 合 計      |
|----------|----------|---------|----------|------------|---------|---------|--------|----------|
| 1961     | 241743   | -       | -        | -          | 18106   | 625363  | -      | 885212   |
| 1962     | 224478   | -       | -        | -          | 8282    | 399950  | -      | 632710   |
| 1963     | 751489   | -       | -        | -          | 21860   | 463131  | -      | 1236480  |
| 1964     | 96591    | -       | -        | -          | 1693    | 3862    | -      | 102146   |
| 1965     | 189001   | -       | 101756   | -          | 7975    | 241691  | -      | 540423   |
| 1966     | 349129   | -       | 1331390  | -          | 1190    | 36648   | -      | 1718357  |
| 1967     | 424943   | -       | 100931   | -          | 5808    | 114557  | -      | 646239   |
| 1968     | 364933   | -       | 688984   | -          | 6253    | 43775   | -      | 1103945  |
| 1969     | 1430245  | -       | 955678   | -          | 19627   | 592599  | -      | 2998149  |
| 1970     | 354139   | -       | 661478   | -          | 5774    | 49849   | -      | 1071240  |
| 1971     | 695597   | -       | 833854   | -          | 9134    | 194259  | -      | 1732844  |
| 1972     | 357140   | -       | 768873   | -          | 3661    | 36009   | -      | 1165683  |
| 1973     | 225650   | -       | 396235   | -          | 9069    | 33993   | -      | 664947   |
| 1974     | 309442   | -       | 497883   | -          | 10562   | 12943   | -      | 830830   |
| 1975     | 1027289  | 58758   | 457271   | -          | 4645    | 70672   | -      | 1618635  |
| 1976     | 204108   | 31876   | 632190   | -          | 4399    | 11921   | 2575   | 887069   |
| 1977     | 452424   | 147873  | 974416   | 152761     | 245052  | 365074  | 26246  | 2363846  |
| 1978     | 47219    | 3077    | 143480   | -          | 885     | 113     | 2866   | 197640   |
| 1979     | 57047    | 30321   | 237393   | -          | 2029    | 7787    | 2799   | 337376   |
| 1980     | 137000   | 126535  | 236309   | 11077      | 5334    | 11585   | 5530   | 533370   |
| 1981     | 317651   | 145663  | 1178348  | 2183       | 142186  | 33994   | 58662  | 1878687  |
| 1982     | 433970   | 59601   | 698228   | 31253      | 77963   | 15304   | 19183  | 1335502  |
| 1983     | 486474   | 25065   | 205207   | 8317       | 59154   | 1       | 3774   | 787992   |
| 1984     | 131332   | 2410    | 362705   | 14668      | 40327   | 1332    | 112873 | 665647   |
| 1985     | 220025   | 132111  | 417944   | 38941      | 57443   | 499     | 51049  | 918012   |
| 1986     | 1864926  | 779337  | 863544   | 53342      | 88988   | 390528  | 10872  | 4051537  |
| 1987     | 467015   | 77588   | 440695   | 27511      | 99179   | 20606   | 9231   | 1141825  |
| 1988     | 309354   | 86661   | 649215   | 18013      | 63456   | 1852    | 7312   | 1135863  |
| 1989     | 539757   | 161564  | 1485411  | 51377      | 79327   | 14558   | 7742   | 2339736  |
| 1990     | 665620   | 84853   | 1256507  | 73392      | 218183  | 5401    | 9083   | 2313039  |
| 1991     | 508255   | 21326   | 318155   | 25356      | 80382   | 1995    | 5520   | 960989   |
| 合計       | 13883986 | 1974619 | 16894080 | 508191     | 1397926 | 3801851 | 335317 | 38795970 |
| 年數       | 31       | 17      | 27       | 13         | 31      | 31      | 16     |          |
| 平均       | 447871   | 116154  | 625707   | 39092      | 45094   | 122640  | 20957  | 1417515  |
| 百分比      | 31.6%    | 8.2%    | 44.0%    | 2.8%       | 3.2%    | 8.7%    | 1.5%   | 100%     |

註：1.依C3(台灣地區消費者物價指數)核計  
2."-"表資料缺

表4-11 台灣地區最近十二年來氣象災害(1991年實質貨幣)指標(1980~1991)

| 年代   | 損失金額(萬元) | 國民生產毛額<br>(GNP,百萬元) | 占GNP(%) | 人口數<br>(萬人) | 負擔金額<br>(元/人) |
|------|----------|---------------------|---------|-------------|---------------|
| 1980 | 533370   | 2,084,534           | 0.26    | 1781        | 299           |
| 1981 | 1878687  | 2,122,426           | 0.89    | 1814        | 1036          |
| 1982 | 1335502  | 2,218,370           | 0.60    | 1846        | 723           |
| 1983 | 787992   | 2,425,060           | 0.32    | 1873        | 421           |
| 1984 | 665647   | 2,730,855           | 0.24    | 1901        | 350           |
| 1985 | 918012   | 2,904,882           | 0.32    | 1926        | 477           |
| 1986 | 4051537  | 3,355,860           | 1.21    | 1946        | 2,082         |
| 1987 | 1141825  | 3,752,718           | 0.30    | 1967        | 580           |
| 1988 | 1135863  | 4,040,626           | 0.28    | 1990        | 571           |
| 1989 | 2339736  | 4,282,524           | 0.55    | 2011        | 1163          |
| 1990 | 2313039  | 4,482,726           | 0.52    | 2036        | 1136          |
| 1991 | 960989   | 4,831,233           | 0.20    | 2055        | 468           |
| 平均   | 1505183  | 3,269,318           | 0.47    | 1928        | 776           |

註：金額已依C3(台灣地區消費者物價指數)折合1991年實質貨幣



(平均每年損失約新台幣142億元)

圖4-2 氣象災害損失分類

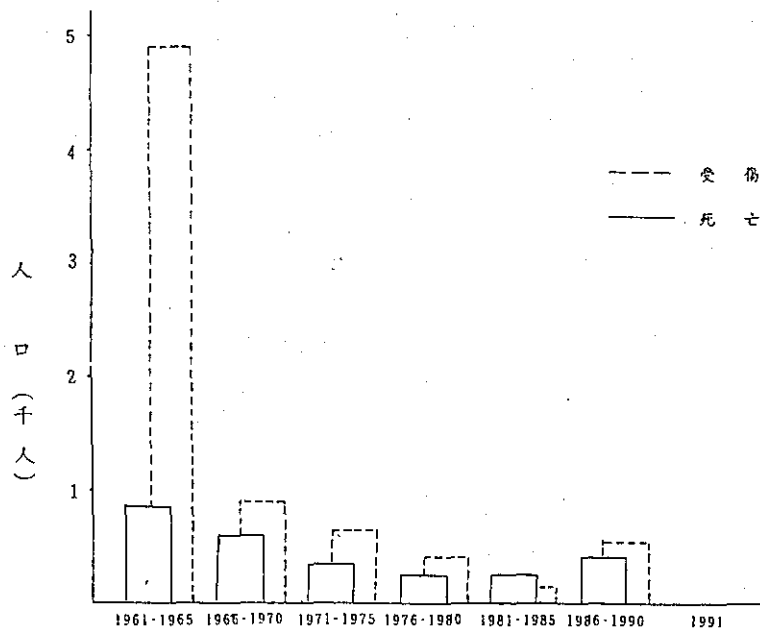


圖4-3 因災變天氣導致人員傷亡數 (1961-1991)

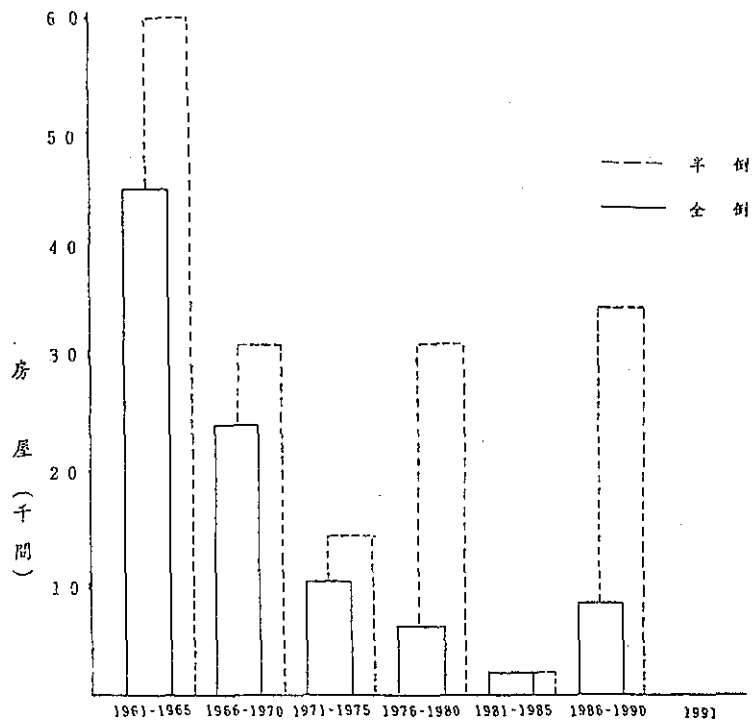


圖4-4 因災變天氣導致房屋損毀數 (1961-1991)

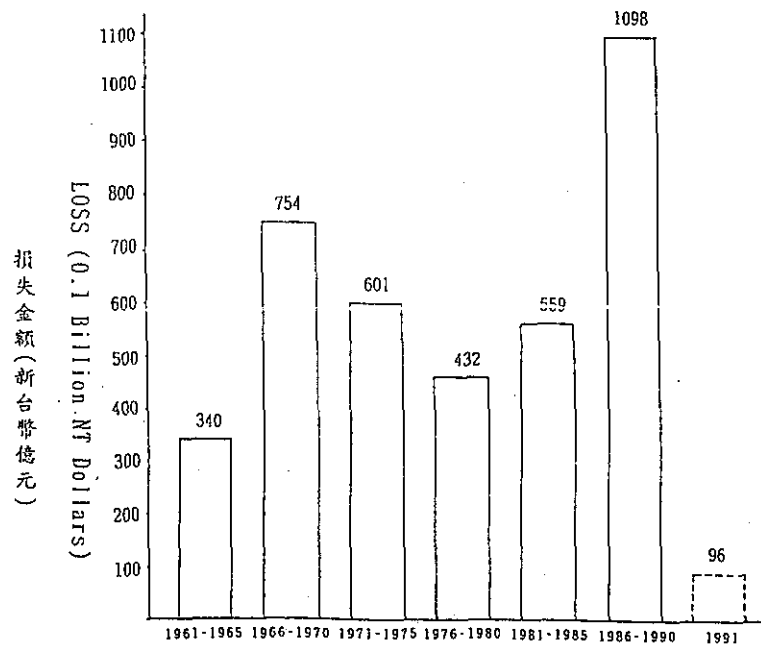


圖4-5 氣象災害直接損失 (1961-1991)



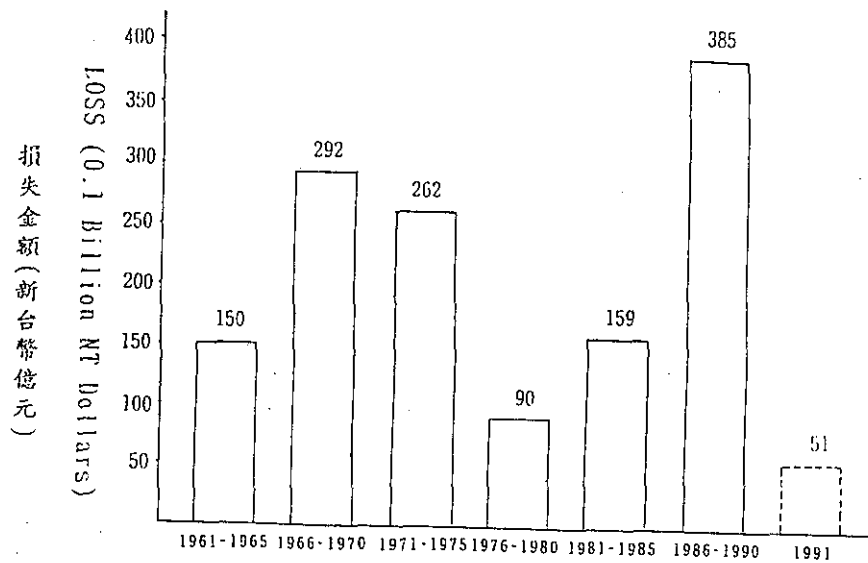
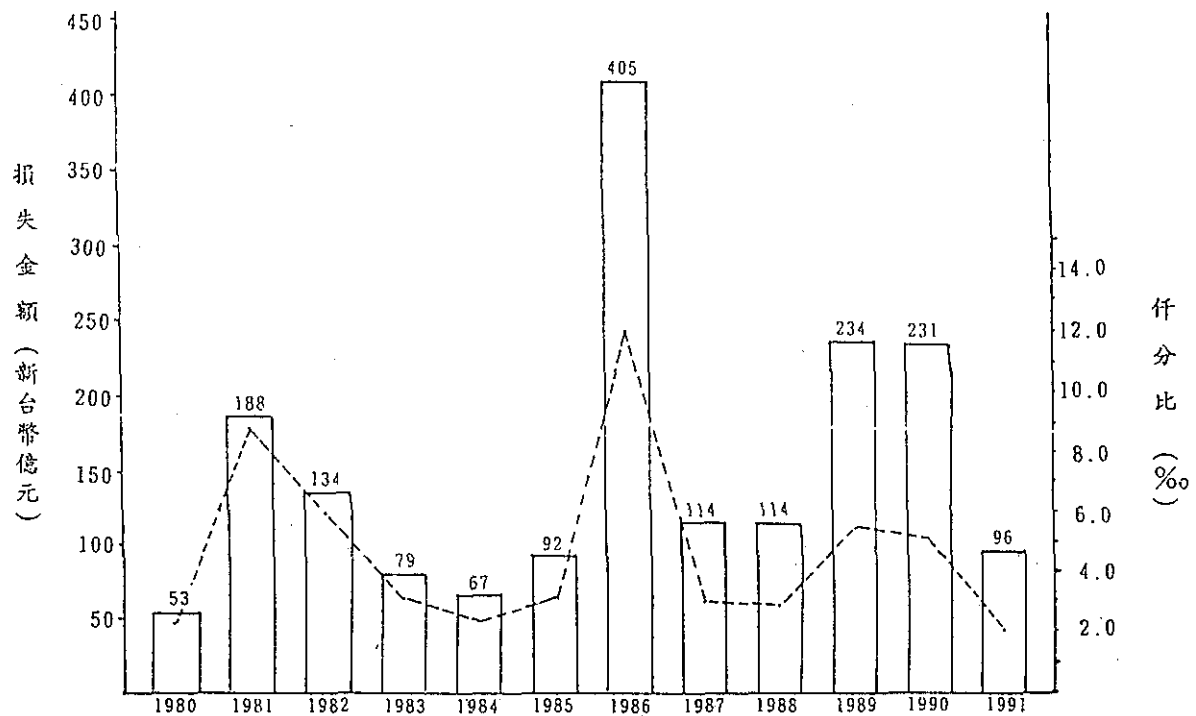


圖4-6 災變天氣造成農業損失 (1961-1991)



(平均每年損失150億元，相當於國民總生產毛額的0.47%，每位國民每年約負擔776元)

圖4-7 台灣地區近十二年來之氣象災害逐年損失金額及占該年國民生產毛額百分比分布圖 (1980-1991)

## 參考文獻

- 吳宗堯、王時鼎，1981：民國 69 年台灣乾旱研討，大氣科學第 8 期，95 ~ 104 頁。
- 吳宗堯、陳正改，1978：台灣北部地區豪雨特性之分析，氣象預報與分析第 77 期，15 ~ 30 頁。
- 吳宗堯、陳泰然、謝信良、喬鳳倫、陳正改，1984：台灣地區春至初夏之局部性豪雨及其對水稻災害之初步分析，大氣科學第 11 期，29 ~ 44 頁。
- 徐寶箴，1977：賽洛瑪颱風與龍捲風，氣象學報第 23 卷第 4 期，9 ~ 15 頁。
- 徐享崑，1979：台灣集水區乾旱週期性及乾旱模式之研究，台灣大學農業工程研究所碩士論文，153 頁。
- 陳正改，1976：中國東南沿海地區冷鋒之移動速度及其伴隨天氣之研究，嘉新文化基金會研究論文，128 頁。
- 陳正改，1983：台灣梅雨期之降水特性及其雨量預測，台灣水利第 31 卷第 1 期，38 ~ 64 頁。
- 陳正改，1984：台灣地區的天然災害，台灣水利第 32 卷第 5 期，21 ~ 50 頁。
- 陳正改，1993：台灣地區的氣象災害，中央氣象局，17 頁。
- 陳泰然，1979：台灣地區災變天氣，科學月刊 68 年 7 月號，48 ~ 51 頁。
- 謝信良，1982：台灣氣象災害，中央氣象局中範圍天氣系統研討會論文彙編，529 ~ 535 頁。
- 謝信良、陳正改，1985：台灣地區氣象災害之調查研究（I），國科會防災科技研究報告，73 ~ 40 號
- 謝信良、陳正改，1986：台灣地區氣象災害之調查研究（II），國科會防災科技研究報告，75 ~ 4 號
- 劉鴻喜，1965：台灣氣象災害之分析及其對農業之影響，台銀季刊第 16 卷第

2期，188～217頁。

蔡清彥、周根泉、陳正改，1981：台灣地區之颱風風速分布，台大大氣科學系研究報告 LO-CIR-049

蔡清彥，1993：台灣地區之災變天氣，台灣地區颱風地震災害及保險問題研討會論文集，中央再保險公司編印。

黃榮村、黃宏斌、陳正興、陳亮全、李天浩、陳正改，1993：由六二水災檢討交通設施之防災措施，中央氣象局，90頁。

Simpson, R.H., R.A. Pielke, 1976: Hurricane Development and Movement, App. Mech. Rev. 29, 5, 601-609.

Typhoon Committee, 1990: Asian Disaster Preparedness Center Special Alumni in the Region, Newsletter No.2.

## 參考資料

台灣農業年報（民國50年～民國81年）——農業災害，台灣省政府農林廳編印。

台灣漁業年報（民國50年～民國81年）——台灣省農林廳漁業局編印。

台灣警務統計分析——台灣地區天然災害損失統計，內政部警政署及台灣省警務處編印。

台灣地區颱風（豪雨）災情報告（各年逐次）——台灣省政府。

台灣地區各年逐次颱風（豪雨）災情報告——交通部分，台灣省交通處。

台灣鐵路統計年報（民國50年～民國81年）——天然災害損失分析，台灣省鐵路局編印。

台灣地區各年逐次颱風（豪雨）災情報告——水利部分，台灣省水利局。

台灣水利統計年報（民國50年～民國81年）——歷年颱風災害水利工程損毀統計表，台灣省水利局編印。

台灣省社會事業統計年報——台灣省歷年颱風災害損失及救濟概況，台灣省社

會處編印。

台灣地區民國八十二年乾旱水文初步分析報告，經濟部水資源統一規劃委員會編印。

颱風調查報告（民國 50 年～民國 82 年）——中央氣象局編印。

颱風百問——中央氣象局編印。