

中央氣象局降水機率預報之發展與校驗

林 秀 雯

中央氣象局預報中心

摘 要

中央氣象局為提高天氣服務品質，順應國際潮流及國內實際需要，爰於民國八十年完成降水機率預報發展計劃之規劃，並經一年之試作，於民國八十二年元月正式開始對外發布。增加降水機率預報資訊的提供，將可使本局天氣預報更加完整，民衆不但可獲知可能發生之降水型態和持續時間長短，更可知其發生之機會。

本文將先確定降水機率預報之定義、校驗之方法，再敘述本局降水機率預報發展計畫，分為近程、中程及遠程目標施行，並討論本局試作期間官方發布降水機率預報之校驗結果。

一、前 言

人類對於天氣之變化雖然已有相當程度之瞭解，但要精確的預報天氣，仍然存在著很多目前尚無法解決的困難，例如解析天氣現象的觀測密度，便是一個永遠無法真正達到的目標，所以天氣預報有必然的不確定性，尤其是降水現象。

美國自1960年代起、日本自1982年起發布降水機率預報，期間預報專家學者數度在學刊上討論、釐清降水機率預報之正確定義和意義，可見預報人員對降水機率的認識即已相當混亂，更遑論一般大眾，除非預報人員及民衆（使用者）都能有一致、正確的觀念，瞭解它的意義，降水機率預報對一般民衆的服務價值將可能負面大於正面。美、日的經驗顯示，降水機率預報運用於工商農業之投資作為損益之判斷常有幫助，但對大眾之幫助則因民衆不易瞭解其正確意義和用處，經常引起誤會而還不能肯定，現在在美國對此仍有辯論、爭議。

本局在發展降水機率預報過程亦將面臨相同的問題和挑戰，所以在下面章節首先確定降水機率預報重要參數的定義，以及敘述校驗的方法。這校驗

工作和預報是同等的重要，因為它不但可以顯示預報結果的好壞，更可以讓預報人員瞭解本身預報能力的缺點、偏差，作為彌補改進其預報技術之參考。由於降水機率預報計劃在國內首次推展，不但民衆對其陌生，預報人員的機率預報技術也是生疏的，所以必須階段性的訓練、實驗和檢討，並逐漸發展各種必須的客觀預報指引；同時還要設法對民衆及大眾傳播媒體進行教育。

目前美、日機率預報主要依據的客觀指引是數值模式預測的迴歸統計（Model Output Statistics，簡稱MOS）。但此種統計必須等本局第二代模式在民國84年完成後，再經數年的穩定作業預報，才能有足夠的基本資料來發展、建立。因此近程內本局缺乏從事機率預報的完善客觀條件。但本局將根據預報員對數值預報圖及衛星資料的主觀判斷，並發展一些簡單、用途有限的氣候指引，來提前發展降水機率預報。因此文中後段將分短、中、長期來敘述本局的發展計劃，及81年校驗之結果。

二、降水機率預報之定義

(一) “降水”標準

在某特定點、某特定時段、超過某一標準降水量的降水現象，即稱為有降水發生。在美國此標準降水量為 0.01 英吋 (inches)，在日本是 1 公釐 (mm)，本局則採在 12 小時的預報時段裏，降水量達 0.1 公釐 (mm)，即有降水發生。

(二) 點降水機率— P_i

點降水機率是在某一指明時段中、某一特定地點，降水 (≥ 0.1 mm) 發生的機率，此地點有可能是雨量器所在的位置，因為雨量器將決定降水是否出現。而降水機率的大小與降水型態、大小或時間長短無關。

(三) 區域點平均降水機率— P

以預報觀點而言，降水機率以地點表示較合理。為了配合現行預報作業發布方式，因此以區域為單位發佈一個機率值，而被選為相同的區域，其天氣條件及降水型態在大部份時間裏，應屬相似。由於在同一個預報區域內各點的降水機率不完全相同，以某一特定點來代表區域的降水機率較不恰當。因此，區域降水機率 (P) 定義是整個區域中，所有點降水機率 (P_i) 的平均。

$$\text{簡單公式如下：} P = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_i$$

雖較複雜，但較合理，此定義亦是目前美、日等國所採用。本局亦採用此定義，發佈區域降水機率預報。由於預報區具有相同天候條件，所有預報區內各點的降水機率便具相同值。假若預報的降水機率為 60% 係指該預報區域中的每一點，發生降水的機會為六成。

(四) 面積降水機率 P_a 與平均點降水機率 P

面積降水機率是預報區域中的任何地點降水的可能性。若預報員確信某地點將有降水發生，其面積降水機率為百分之百 (100%)，但是其他的地點並不須皆要有降水發生。因此面積降水機率值總是等於或大於平均點機率值。其關係如下： $P = P_a \times A_c$

A_c ：若降水確實發生，預報員所期望的降水涵蓋面積。

若 $P_a = 100\%$ (預報員確信預報區域內某地點有降水發生) 且涵蓋整個區域 ($A_c = 100\%$)，則 $P = 100\%$ 。若 $P_a = 100\%$ ，但降水以陣性型態出現，涵蓋 30% 的預報區域， $P = 30\%$ 。若預報員認為 $P_a = 50\%$ ，且期待的涵蓋面積是 40%，則適合的機率預報為 20%。

對使用者而言，面積降水機率較平均點降水機率用途更少。使用者希望知道他的所在地是否有降水發生，可由平均點降水機率提供解答。

三、降水機率預報的校驗

本局將同時採用以下三種校驗方法

(一) 可靠度 (Reliability) 的校驗

累積一段期間之後，將降水機率預報當為橫座標，實際觀測值為縱座標 (如圖一)，如果預測為 20% 的所有個案，正確的預報結果應當是每 100 次有 20 次觀測到下雨，這樣的校驗可以看出預報的偏移情形，是機率預報過度、或不夠，預報人員可以作為改進自己預報技術的參考。

技術，(二)可以供外界瞭解本局預報表現的好壞。

四、降水機率之預報方法

(一)客觀指引資料

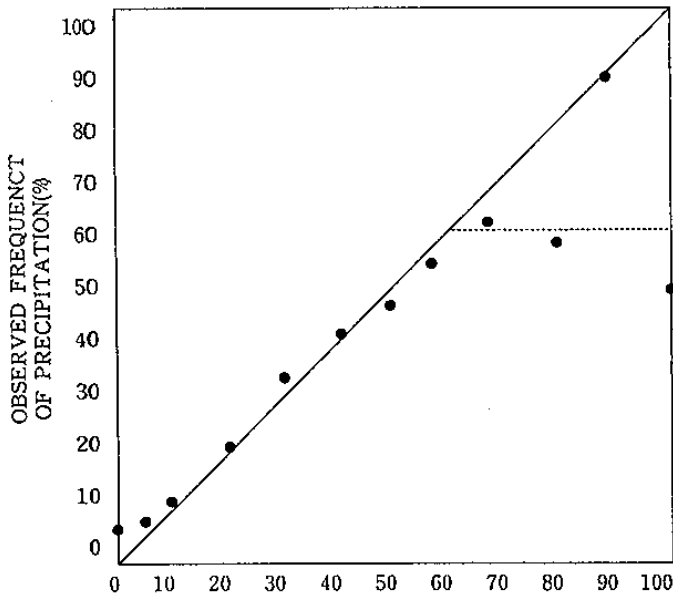
美國和日本的經驗都顯出機率預報必須有客觀指引作基礎，而最重要的客觀指引是 MOS (Model Output Statistics)，利用統計方法處理數值預報大氣模式算得結果來預測未來天氣。

MOS 方程式大多皆採用多重線性迴歸技術進行發展。首先需儲存相當長一段時期(幾年)內數值預報所得各種氣象要素的預測值(預報因子)和測站所觀測而得的實際天氣資料(被預報因子)，並在預報因子(X)和被預報因子(Y)間，求出其相關性，選出與被預測值Y相關係數較高之預報因子 $X_1 \dots X_n$ 。假設線性複迴歸方程

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n$$

求出係數 $a_0, a_1 \dots a_n$ 。每日根據數值預報預測結果X值代入迴歸方程，即得所要預測的天氣Y。Y可為降水、氣溫等天氣要素。

由於MOS必須有一個數值模式穩定長期作業多年後，才能從預報場的龐大資料基礎中找出機率降水的迴歸方程式；也就是說，所用之模式不能修改。為此原因，美國到今天，新一代模式已作業六年，機率預報主要仍依靠上一代已作業廿多年的舊模式所計算的MOS。我國的數值預報在民國79年開始作業，至今只有兩年。而為了六年國建積極改進天氣預報，尤其是為了預報颱風路徑的區域模式，正在不斷改進之中，以求在民國83年底如期完成第二代模式。這項研究發展的工作無法使模式鎖定，更沒有多年的模式預報資料來發展MOS，



圖一 FORECAST PROBABILITY(%)

(二)白氏計分法(Brier Score)

$$\text{簡單公式爲 } BS = \overline{(P - E)^2}$$

P：降水機率預測值，是0到1的百分數。

E：實際觀測值，是1或0，取決於降水事件之“發生”與“否”。

是機率預報的平方差(mean square error)的平均，可忠實表現誤差情形，避免當預報過度及不足，取其平均之後，掩飾誤差的缺點。

(三)預報技術得分法(Skill Score)

任何校驗得分需與一標準作比較，以便決定預報的技術好壞。

簡單公式為

$$\text{Skill Score} = 100 (BS_c - BS_f) / BS_c$$

BS_c ：氣候法機率或持續法機率的白氏得分。

BS_f ：預報機率的白氏得分。

可以看出本局機率預報較氣候法或持續法改進的程度。

本局將設計可以同時計算並顯示以上三種校驗結果的作業系統，(一)供預報人員改進預報

只能儘量利用其他粗略的方法，例如氣候機率、持續機率等來產生客觀指引。因此短期內機率預報不得不依靠預報員對數值預報圖及衛星資料的主觀研判。

中期內，MOS發展前，將發展「完全預報」統計法(Perfect Prog)之機率指引。這是根據數值模式的客觀分析資料來作迴歸統計，它發展方法與MOS相似，是一項浩大的工程，但可以不必等待穩定的數值模式。MOS之發展則將列入長期計劃。

(二)降水機率主觀預報方法

預報員根據MOS之預報降水機率值作為初始的參考值，再依據數值預報產品呈現的訊息、系統性誤差，和對當地天氣系統的經驗，來修正MOS的參考值。由於每個預報人員預報技能的差異，亦會造成修正成功與否，所以需要一貫性及經常性的評估，並將結果回饋與預報員知曉。若修正適得其反，除非有確實依據，應以不修正為宜。

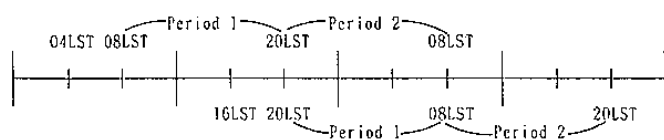
五、發展計劃

(一)近程目標

1. 民國80年底完成

(1)降水機率預報的定義

(2)降水機率預報的時階(time period)如下：



每日下午16時預報當晚08時至次日早晨08時，及早晨08時至晚間20時、每12小時的降水機率。每日清晨04時預報當日早晨08時至晚間20時、及晚間20

時至次日早晨08時，每12小時的降水機率。(早晨08時及晚間20時是國際標準時間00時及12時，也是國際氣象資料的觀測及數值預報產品的有效時間，而採用12小時的時階，恰可代表白天及夜間。)

(3)決定降水機率預報的校驗方法及方式。

2. 民國81年元月起內部訓練和實驗台北市主觀降水機率預報，並建立相關的氣候及持續預報法資料，且檢討遭遇的問題。

3. 民國81年4月份起內部訓練和實驗台北市、台北地區、台中彰化地區、台南高雄地區、花蓮地區、台東地區等六個區域的主觀降水機率預報，並建立相關的氣候及持續法資料，且檢討遭遇的問題。

4. 民國81年8月起內部訓練和實驗預報全台灣各地區之主觀降水機率預報，並將預報時段延長為3段，建立相關的氣候及持續法資料，並檢討遭遇的問題。

5. 民國81年年底前同時完成PC自動作業及校驗。

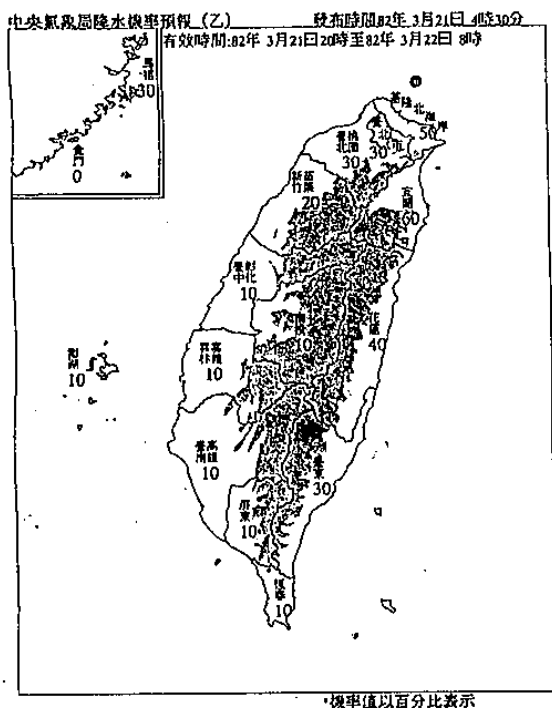
6. 民國82年起試行發布全台灣各地區之主觀降水機率預報。

(1)發布之時間及有效期間，如表一。

發布時間	有效時間		
	甲	乙	丙
04:30	當日 當日 08:00 ~ 20:00	當日 隔日 20:00 ~ 08:00	隔日 隔日 08:00 ~ 20:00
16:30	當日 隔日 20:00 ~ 08:00	隔日 隔日 08:00 ~ 20:00	隔日 第三日 20:00 ~ 08:00

表一 機率預報發布時間及有效期間

(2)發布之格式，如圖二。



圖二

7. 以上各階段將包括對媒體及民衆之教育，設法增進其對降水機率預報之認識，提高降水機率預報的利用價值。

(二)中程目標

發展「完全預報統計預報法」(Perfect Prog) 以取代氣候及持續法在12至24小時內所扮演的角色。Perfect prog 運用大量的天氣資料及數值模式客觀分析的統計運算，可以用正在發展改進中的數值模式，是有MOS以前可發展的客觀指引。該預報法需詳細的規劃及耗時研究工作，本局已於81年度起委託計劃與局外學者、專家合作，共同發展，預定民國84年能運用於降水機率預報作業。

(三)遠程目標

發展MOS (Model-Output-Statistic) 該預報法為根據數值預報的產品，利用統計迴歸而得來；為降水機率預報最佳的客觀參考資料，由於該預報法需要至少四、五年以

上的穩定數值模式預報資料，規模又比 Perfect prog 大而複雜，本局將其列為未來的主要發展目標之一，其完成及運用於預報作業將於本局第二代數值模式民國86年發展完成，穩定作業數年之後。

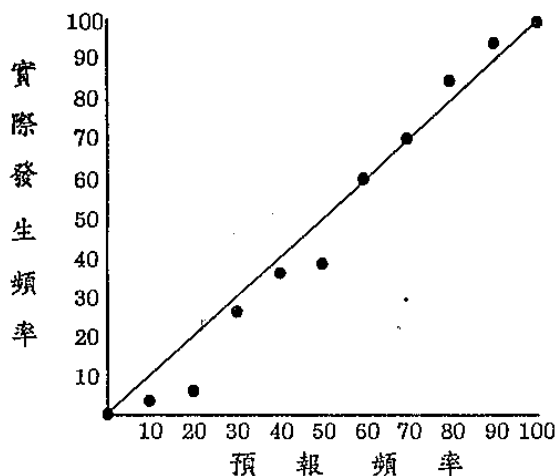
六、降水機率預報校驗結果

(一)81年1月~5月台北市降水機率預報之校驗

本局同時採用以下三種校驗方法：

1. 可靠度 (Reliability) 的校驗

圖三為1~5月台北市降水機率預報之可靠度校驗。



圖三 81年1~5月台北市可靠度校驗

2. 白氏計分法 (Brier Score)

$$\text{簡單公式爲 } BS = \overline{(P - E)^2}$$

P : 降水機率預測值

E : 實際觀測值

1~5月分台北市降水機率預報之白氏計分與氣候持續法之比較，如表二：

	C W B	氣候法	持續法
第一段	0.13	0.22	0.26
第二段	0.15	0.22	0.23

表二 台北市81年1月至5月降水機率預報之白氏計分

3. 預報技術得分法 (Skill Score)

簡單公式為

$$\text{Skill Score} = 100 (BS_c - BS_f) / BS_c$$

BS_c 可以是氣候法機率或持續法機率，

BS_f 是預報機率。

1~5月分台北市降水機率預報之技術得分與美國之比較，如表三。

	C W B 超過		U S 超過
	氣候法	持續法	氣候法
第一段	40 %	53 %	49 %
第二段	29 %	32 %	41 %

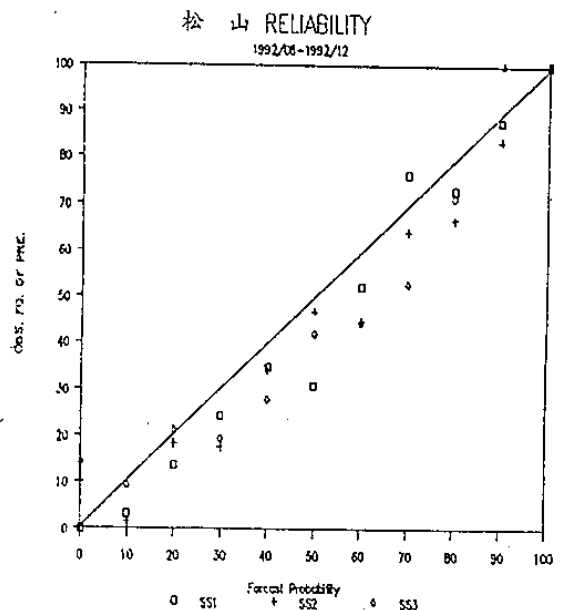
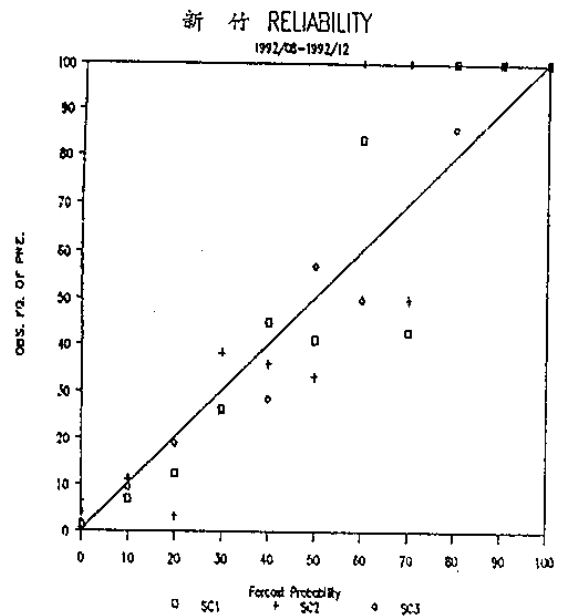
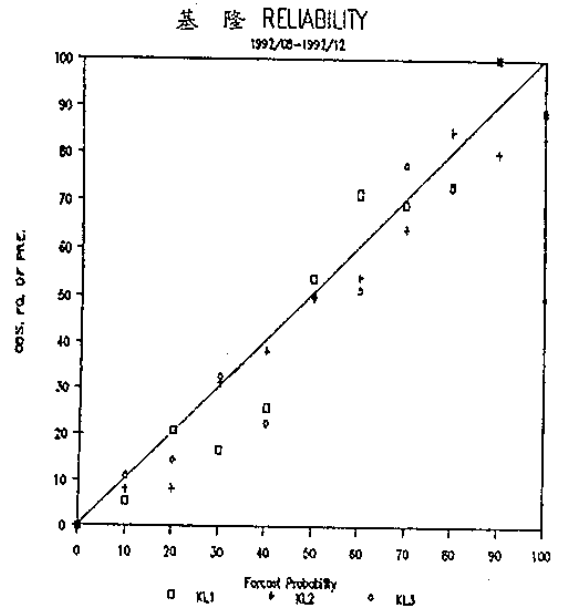
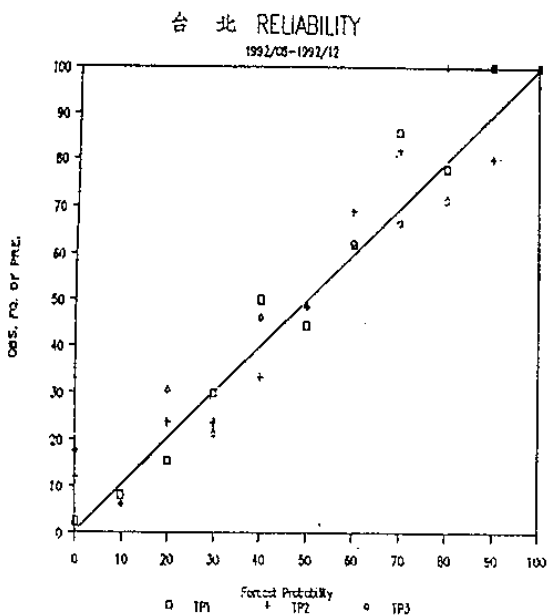
表三 台北市81年1月至5月降水機率預報之技術得分

(二) 81年8月~12月降水機率預報之校驗

自8月份起，發布區域降水機率預報，校驗則採點機率校驗。

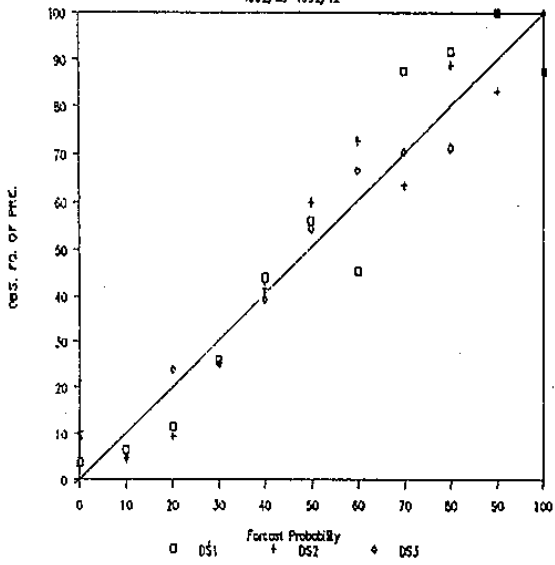
1. 可靠度 (Reliability) 校驗

圖四為8月至12月24個測站降水機率預報之可靠度校驗。



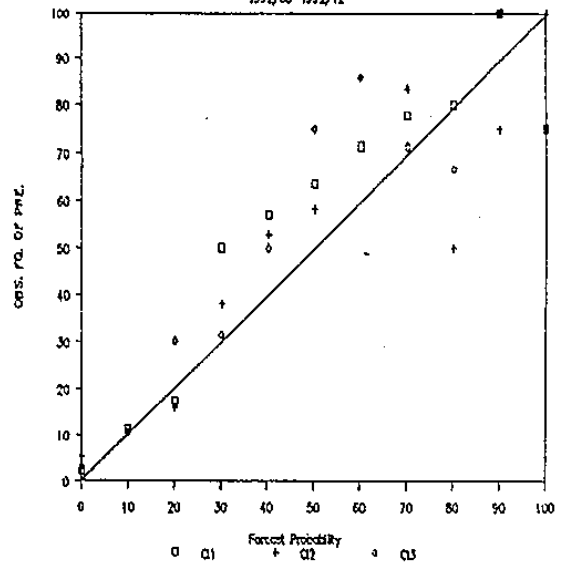
淡水 RELIABILITY

1992/08-1992/12



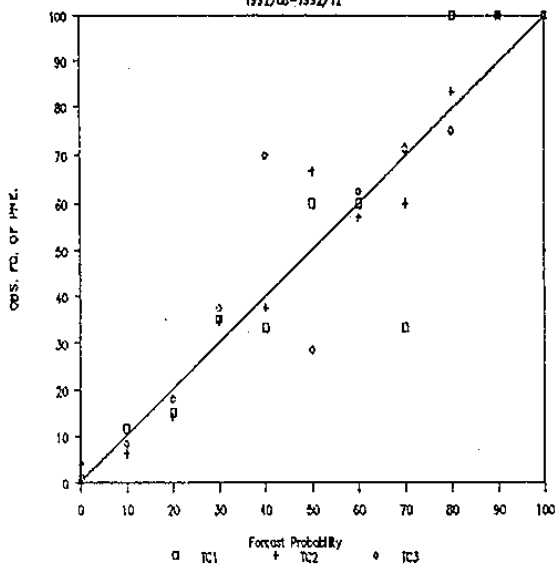
嘉義 RELIABILITY

1992/08-1992/12



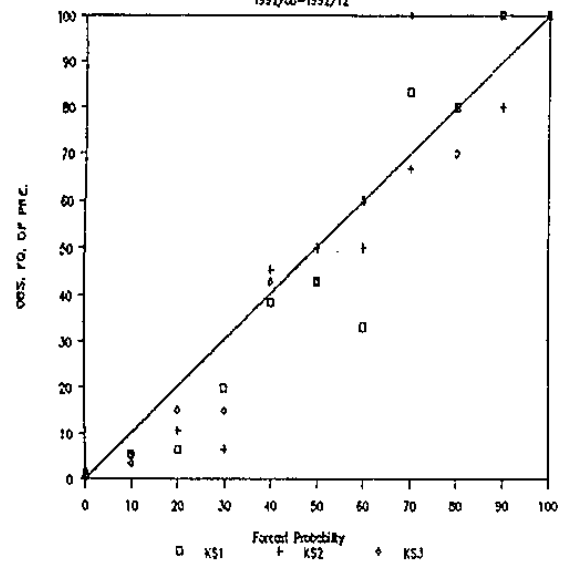
台中 RELIABILITY

1992/08-1992/12



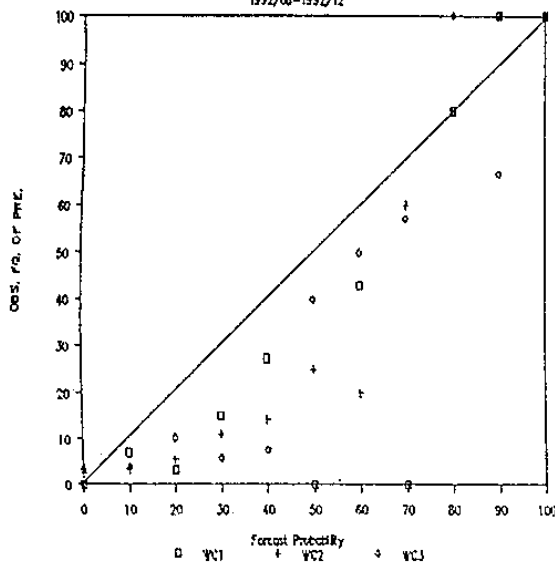
高雄 RELIABILITY

1992/08-1992/12



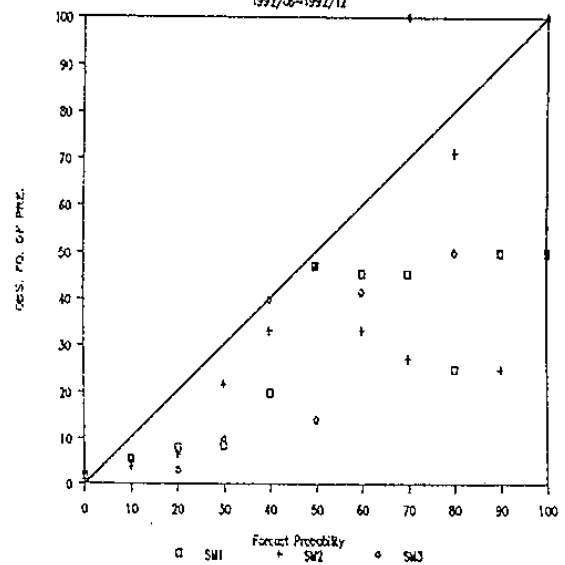
梧棲 RELIABILITY

1992/08-1992/12

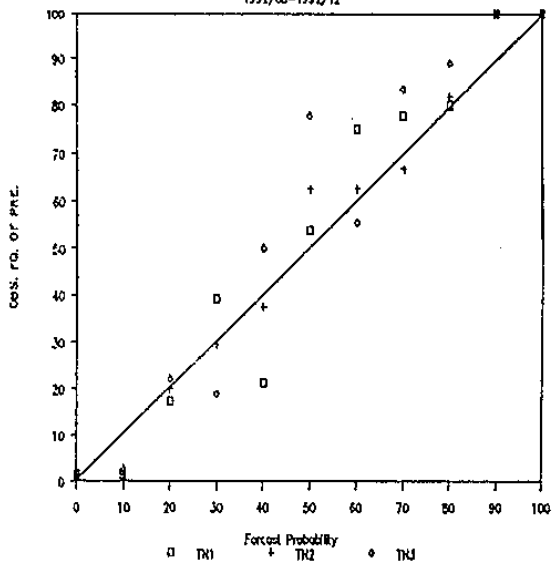


日月潭 RELIABILITY

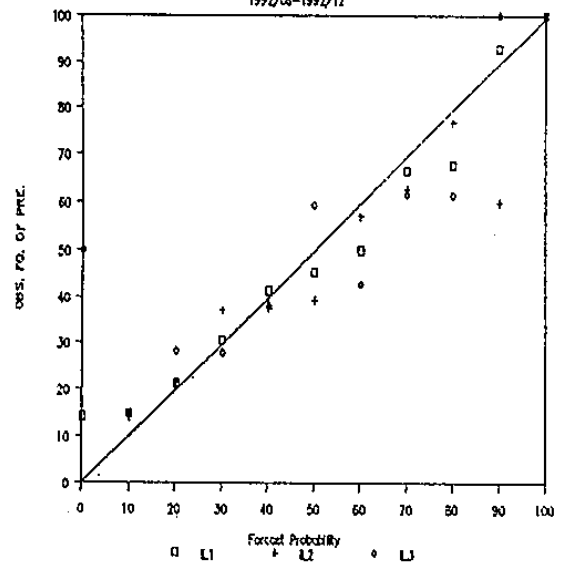
1992/08-1992/12



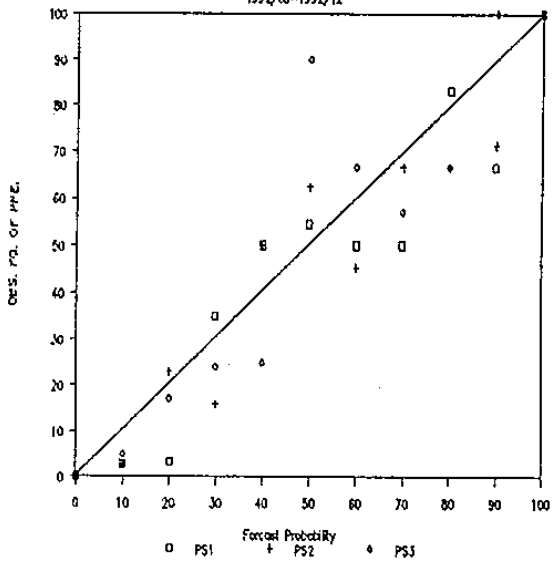
台南 RELIABILITY
1992/08-1992/12



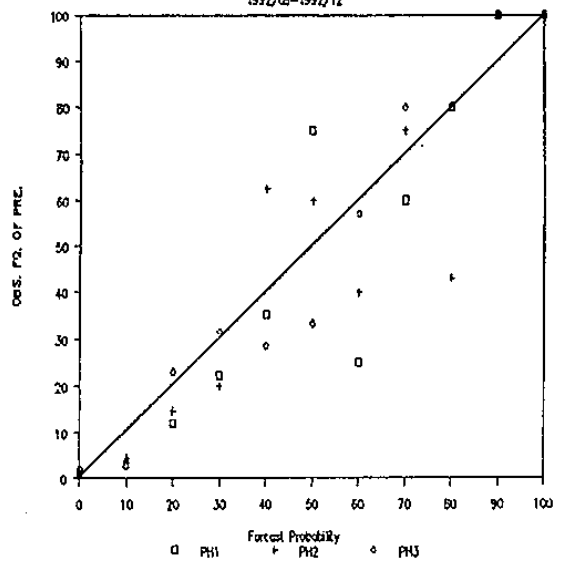
宜蘭 RELIABILITY
1992/08-1992/12



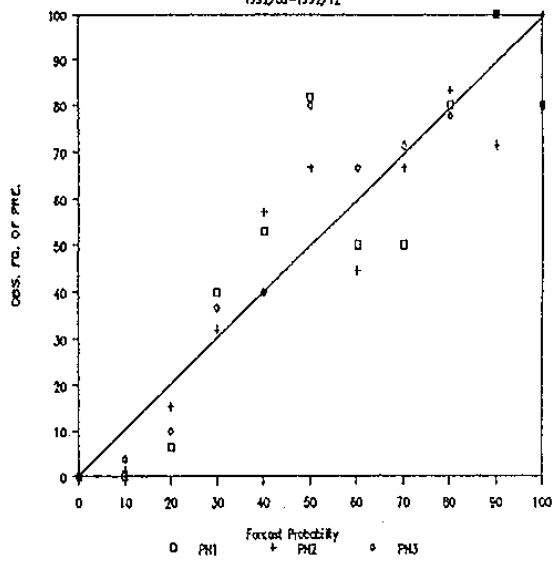
屏東 RELIABILITY
1992/08-1992/12



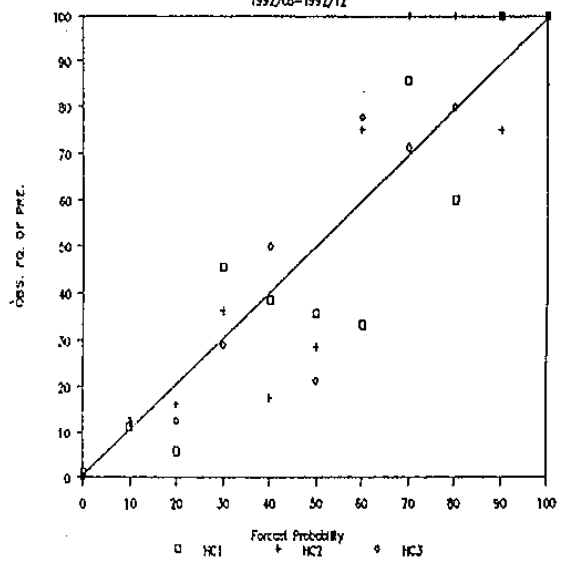
澎湖 RELIABILITY
1992/08-1992/12



屏北 RELIABILITY
1992/08-1992/12

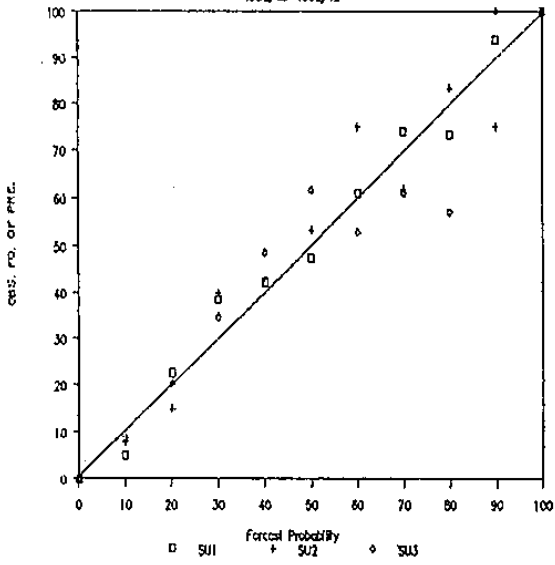


恆春 RELIABILITY
1992/08-1992/12



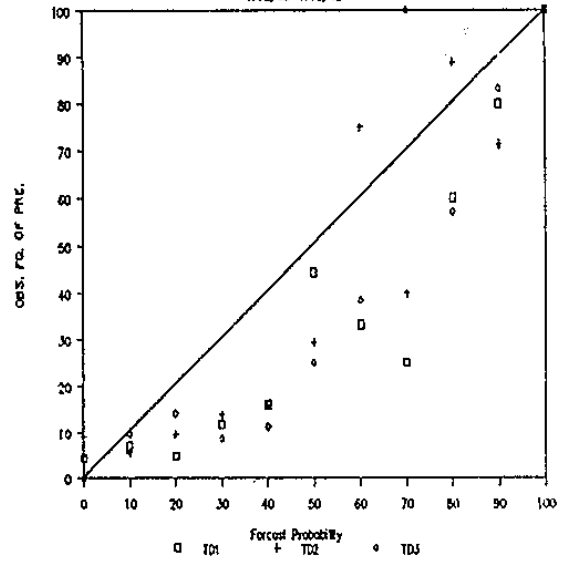
蘇澳 RELIABILITY

1992/08-1992/12



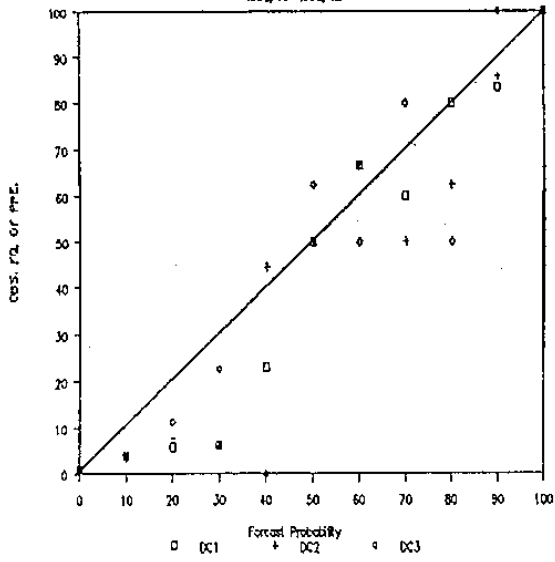
台東 RELIABILITY

1992/08-1992/12



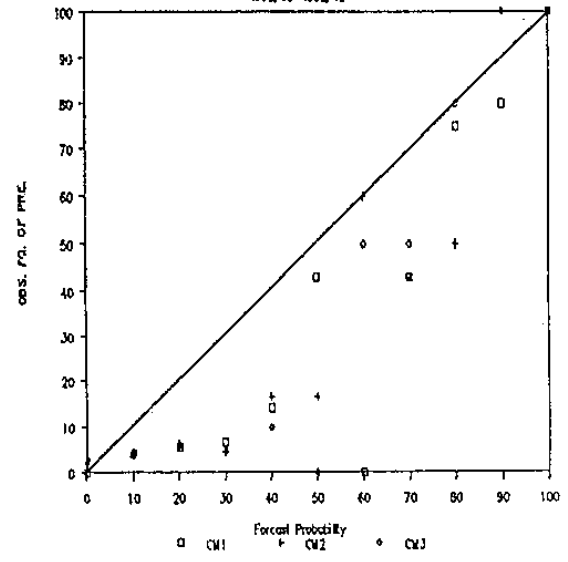
東吉島 RELIABILITY

1992/08-1992/12



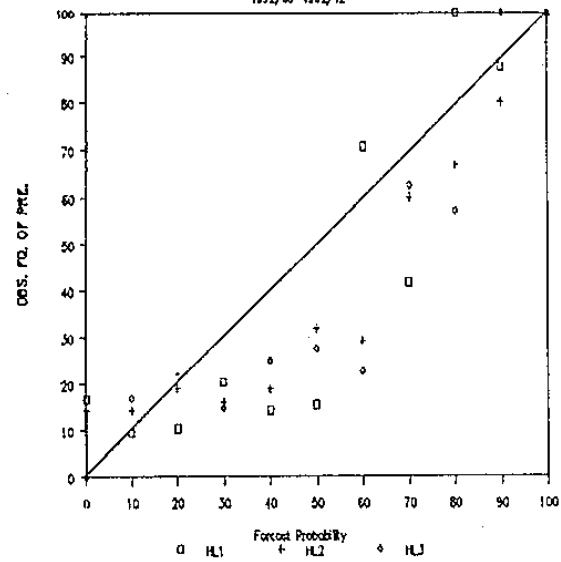
金門 RELIABILITY

1992/08-1992/12



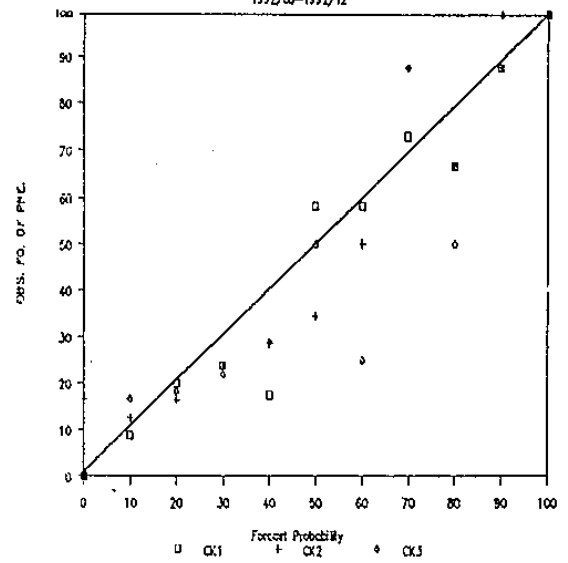
花蓮 RELIABILITY

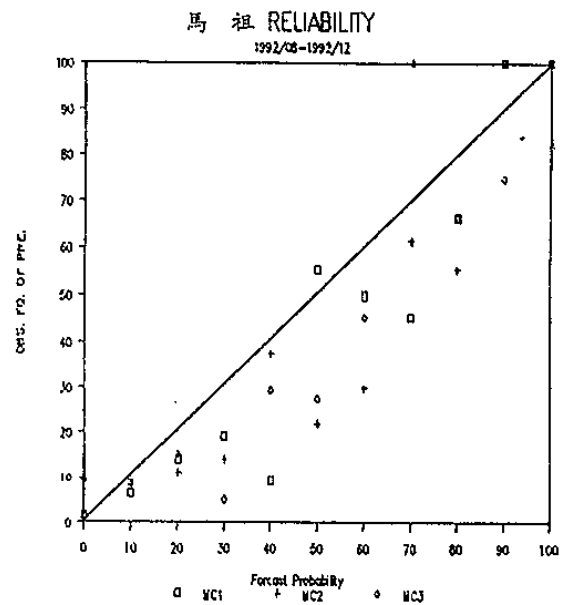
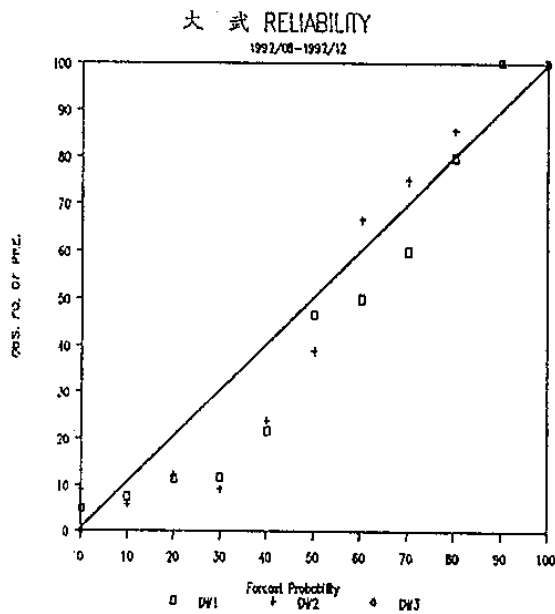
1992/08-1992/12



成功 RELIABILITY

1992/08-1992/12





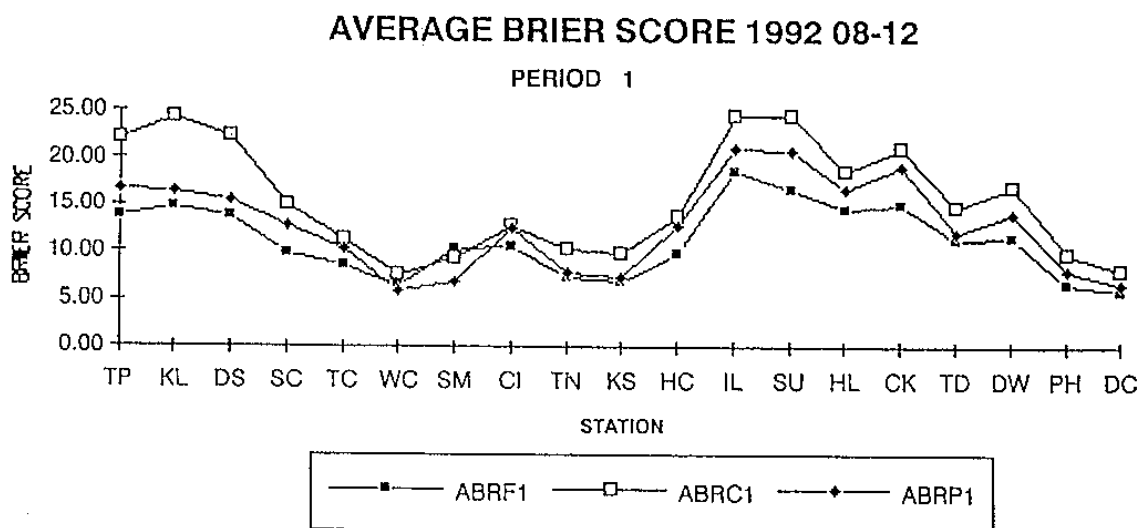
圖四 81年8月~12月可靠度校驗

2 白氏計分法 (Brier Score)

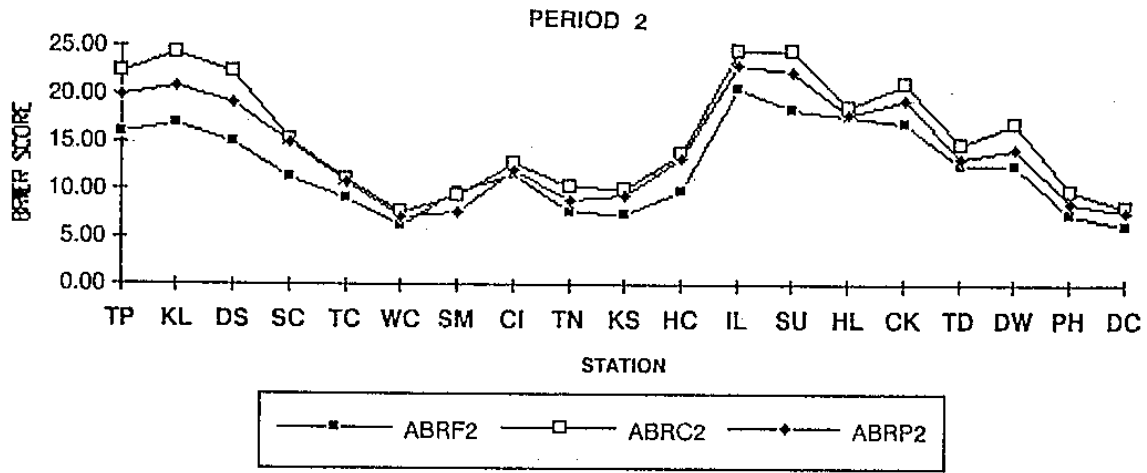
8 ~ 12月份官方發布降水機率預報之白氏計分與氣候、持續法之比較，如表四。圖五則為各測站白氏計分。

	C W B	氣候法	持續法
第一 段	11.15	15.63	12.78
第二 段	12.23	15.62	14.19
第三 段	13.04	15.65	14.94

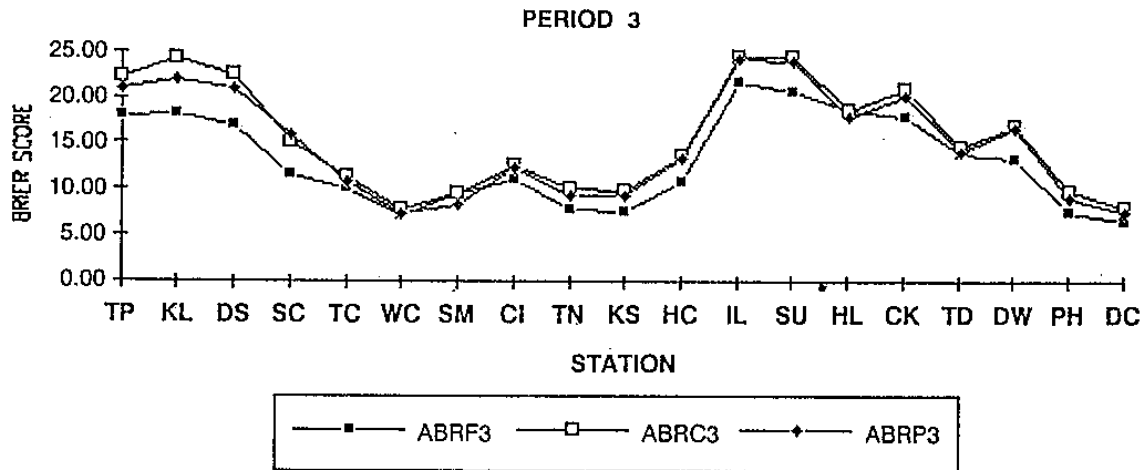
表四 81年8月~12月測站平均之白氏計分



AVERAGE BRIER SCORE 1992 08-12



AVERAGE BRIER SCORE 1992 08 - 12



圖五 各測站81年8月~12月白氏計分

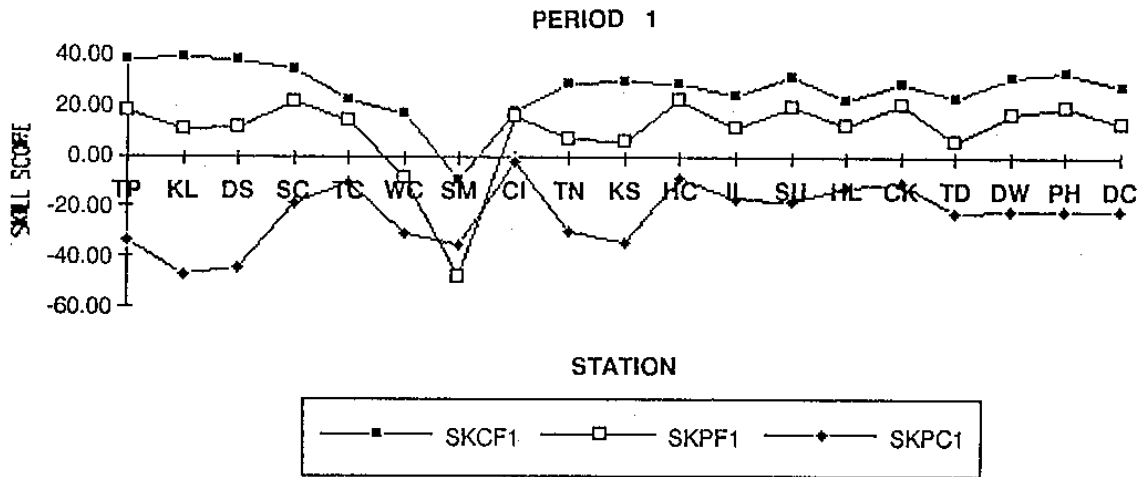
3. 預報技術得分法 (Skill Score)

8月~12月官方發布降水機率預報之技術得分，如表五。圖六為各測站技術得分。

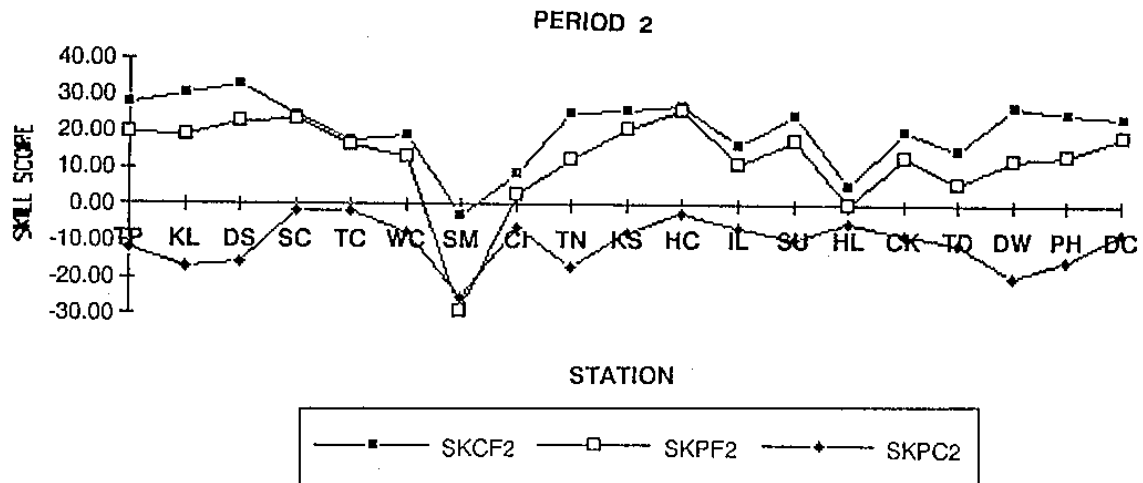
	CWB 超過	
	氣候法	持續法
第一段	27 %	10 %
第二段	21 %	13 %
第三段	17 %	12 %

表五 81年8月~12月測站平均之技術得分

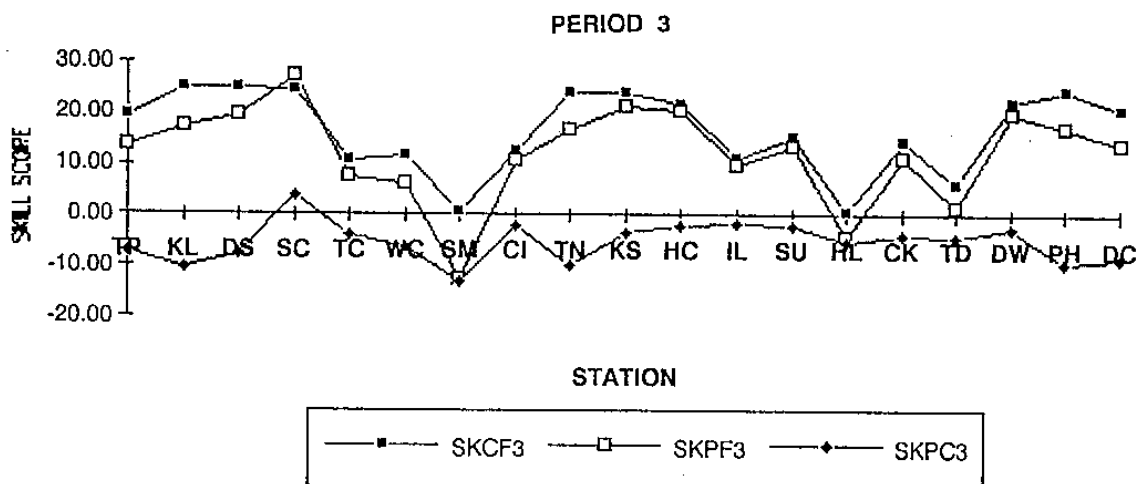
SKILL SCORE 1992 08 -12



SKILL SCORE 1992 08 - 12



SKILL SCORE 1992 08 - 12



圖六 各測站81年8月~12月技術得分

七、結 論

在天氣預報中加入降水機率預報目的，在於使預報員能以量化的型態，表示對降水發生的不確定性。因此，降水機率預報資訊之增加，使本局目前之天氣預報更加完整，大眾不但可得知發生降水型態，持續時間之長短，更可知其發生之機會大小，此為實施降水機率預報之優點。

至於大眾應如何來運用降水機率預報？第一，使用降水機率預報時，必須有損益的觀念。簡單舉例說明「老年人，患感冒或者穿著華麗的女士，受到下雨的影響較大，即使機率只有30%，也以準備雨具較妥；但一般年青人可能認為淋點雨無所謂，攜帶雨具反是累贅，也許需待預測值為80%或90%才決定帶雨具。」同樣地，工程施工或農業上之應用以及各行各業使用時，亦須存有相同之概念，才能發揮機率預報之效益。第二，降水機率預報不能以單一個案來論斷預報是否準確，因單一個案之結果只有0或100%，也就是說只能預報0或100%，這樣就失去實施降水機率預報之意義。事實上，本局在實施降水機率預報之同時，亦藉由白氏計分（Brier Score）、技術得分（Skill Score）等方法，以計算預報準確率。換言之，本局是有一套嚴格客觀的考核制度，可使外界了解預報的準確率，另一方面亦可做為評估預報人員個人預報成績之指標。

致 謝

感謝預報中心吳德榮課長提供意見及指正，楊振傑先生及蕭家森先生協助校驗資料處理及繪製圖表，使本報告能順利完成。

The development and verification of probability
of precipitation in Central Weather Bureau

SHOW - WEN LIN

National Forecasting Center
Central Weather Bureau

Abstract

In order to provide the service quality of the weather forecasts, to follow the world-wide trends in forecasting operations and to meet the realistic requirements, CWB (the Central Weather Bureau) completed the developing schemes and organizations of the probability of precipitation (POP). After one year of internal forecasting testings during 1992, CWB operationally provides the POP values to the public starting in January 1993. After the inclusion of the POP values in daily forecasts, the forecast information issued by CWB is more complete, the general public can not only acquire the will-be precipitation patterns and the duration but also the chances of raining that will occur.

Firstly, this study demarks the definition of the forecasts of POP and the methods of verifications Secondly, the developing planning of POP in CWB, divided into 3 stages the initial, medium and long-lasting, are described. Entailed are also the discussions on the results of verification for 1992 the POP values issued operationally by CWB.