

中華民國四十八年颱風報告第一號

颱 風 畢 莉

台 灣 省 氣 象 所

中華民國四十八年十二月

# 民國四十八年颱風報告

研究室

## 第一號 颱風 畢莉

### Report on Typhoon "Billie"

#### Abstract

Typhoon "Billie" started to whirl about at the southeast of Carolines on 8th July, 1959. She increased her force up to the stage of a typhoon on the fourth days after her birth and reached a maximum wind velocity to 50 m/sec near the centre on the morning of 14th July. On the morning of 15th July, the typhoon centre passed by between Penkiayu and Keelung. Later typhoon "Billie" travelled the western part of Eastern China Sea and hit the coast of mainland of China on the morning of 16th. Its moving direction then shifted to the North. At her mature stage, the kinetic and potential energy of typhoon "Billie" was computed to a value  $0.9 \times 10^{24}$  ergs and  $1.0 \times 10^{25}$  ergs in comparison with the stage at noon of 14th, July.

Some damages had reported along the passage of the typhoon at the northern sectors of Taiwan. Twenty one people had lost their lives and more than four hundred houses were ruined.

Highest wind velocity recorded at Penkiayu, was 52.3 m/sec, and a maximum of total amount of rainfall reported at Chutzehu, was 457.9mm.

## I 畢莉颱風報告

### 一、畢莉颱風之發生與經過

本年7月8日，在加羅林群島之東南方海面上有一熱帶性低氣壓開始醞釀，其位置約在北緯7度，東經144度附近，此即為畢莉 (Billie) 颱風生成之先聲。至9日14時24分經美軍飛機偵察報告，該熱帶性低氣壓中心位置在北緯8.3度，東經142.5度，而其最大風速僅有每秒13公尺。此後，此熱帶性低氣壓除中心位置向西北西緩移外，強度未見有明顯之發展。至12日15時復獲美軍飛機偵察報告，此熱帶性低氣壓中心位置移至北緯13.7度，東經130.9度，而最大風速為每秒18公尺，且命名為颱風畢莉(Billie)。此後該颱風迅速發展，至13日5時55分經美軍飛機偵察報告，中心位置移至北緯14.9度，東經129.0度，中心氣壓降低至990mb，最大風速增達每秒23公尺，颱風眼之直徑為64公里，暴風半徑約為200公里，並以每小時20公里之速度向西北指向臺灣推進。又14日10時復獲美軍飛機偵察報告，此颱風中心位置迅速移至北緯19.6度，東經126.4度，中心氣壓

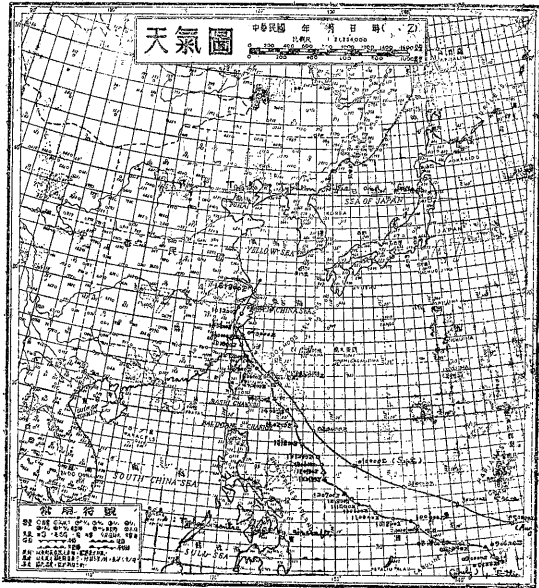
為979mb，最大風速增達每秒51公尺，颱風眼半徑竟達96公里。此後至14日晚，中心氣壓降低為966mb仍繼續向西北向臺灣東岸而來。臺灣自15日晨漸進入其風暴範圍，臺灣各地逐漸開始下雨風力增強，並且氣壓均急驟下降，至該日晚颱風畢莉掠過臺灣北方海上，致使臺灣北部地區豪雨成災，及後該颱風進入東海折向西北西移向大陸，至16日晨由溫州附近登入大陸，復折向北進行。至17日逐漸變為溫帶氣旋，結束其為期九日之生命史。

這次之畢莉颱風之動態與去年9月3日侵襲臺灣之葛瑞絲 (Grace) 颱風行徑相似，茲將兩颱風之行徑列如第一圖。

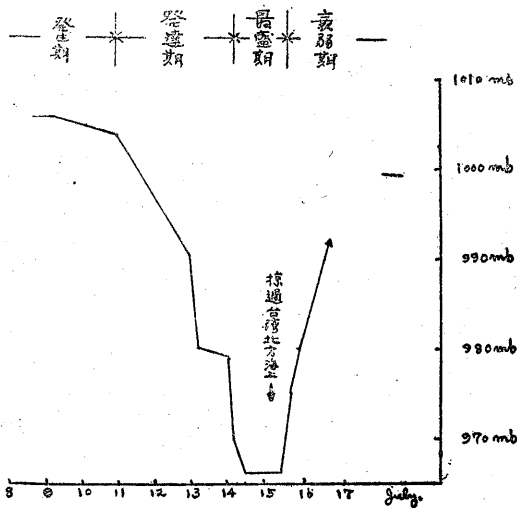
第2圖為颱風畢莉之中心氣壓變化圖，畢莉颱風之生命史可分為四期。由8日至11日8時為發生期 (Formative stage)，由11日8時至14日14時為發達期 (Immature stage)，此時間共78小時內其中心氣壓降低39毫巴。由14日14時至16日2時為最盛期 (Mature stage)，茲以民國47年颱風調

查報告（臺灣省氣象所出版）之第一章第三節所述之方法，估計畢莉颱風最盛期之動態及位能，各為  $0.9 \times 10^{24}$  爾格及  $1.0 \times 10^{25}$  爾格。16日2時以後為其衰弱期（Decay stage）。

第三圖所示，為溫妮颱風掠過臺灣東北海上時之地面天氣圖，茲附此以資參考。



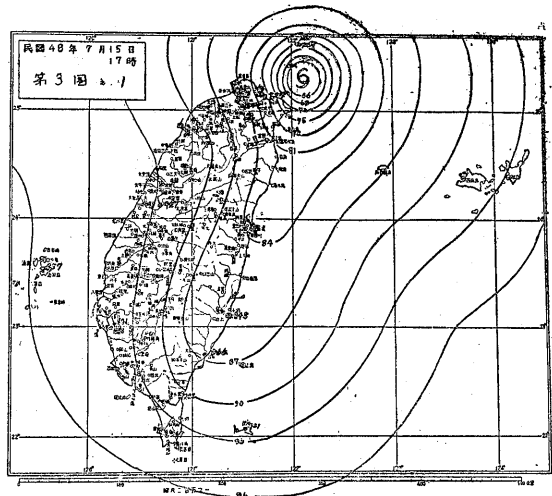
第一圖：畢莉及葛瑞絲颱風之經路



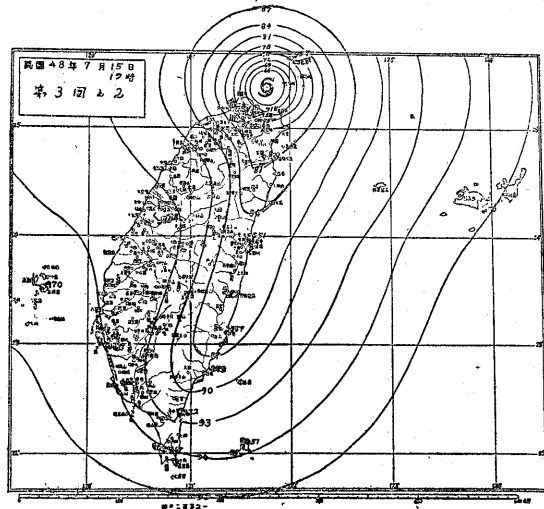
第二圖：畢莉颱風中心氣壓變化

## 二、台灣各地之氣象情況

臺灣各地自15日晨畢莉颱風抵達花蓮東方約200公里之海面上時，逐漸進入颱風風暴範圍，臺灣東部



第三圖：a



第三圖：b

及北部風速漸增強。畢莉颱風侵襲臺灣時之主要氣象要素，根據氣象所各測候所之颱風報告，整理之結果，如第一表所示。茲將各地之氣象變化情況略述於後。

### A. 氣壓

本省東北部各地首先受颱風之影響，故氣壓亦較早開始下降，如宜蘭於15日11時氣壓即已下降至990.1mb。

臺灣各地以彭佳嶼及基隆受影響最大。彭佳嶼自15日9時起氣壓以每小時約1.2mb之速度下降，而自14時以後以每小時約6.0mb之速度急驟下降，至17時31分颱風中心最接近彭佳嶼時，其氣壓為966.3mb，此為全省各測候所於畢莉颱風掠

第一表：畢莉颱風各測候所觀測資料

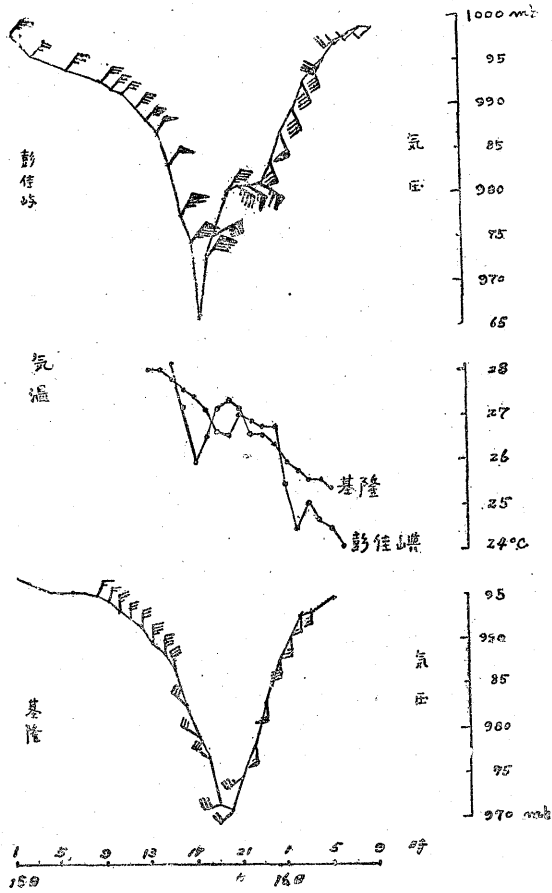
地點	最低氣壓 (mb)	起時 日 時 分	十分間平均 最大風速及 風向 (m/s)	起時 日 時 分	瞬間最大風速					雨量 總計 m.m.	期 間 日 時 分	風力 6 級以上及 時間 (10m/s)
					風速	風向	氣壓	氣溫	濕度			
彭佳嶼	966.3	15 17 31	52.3 NE	15 18 50	—	—	—	—	—	154.7	14 20 46 16 17 40	14日23時至16日 5時
鞍 部	* 661.85	15 19 00	35.0 N	15 18 30	—	—	—	—	—	290.3	14 20 00 16 21 00	15日11時至23時
竹子湖	* 717.85	15 19 00	12.0 NW	15 20 00	—	—	—	—	—	457.9	15 10 42 16 23 50	15日20時
淡 水	976.6	15 20 45	30.0 WNW	15 21 00	—	—	—	—	—	234.3	14 21 06 16 23 35	15日16時至16日 5時
基 隆	971.1	15 20 00	30.0 S	15 23 10	37.8	S	983.1	26.6	89	15.23.03	15 11 20 16 04 25	15日10時至16日 1時
臺 北	978.0	15 19 18	27.3 W	15 21 50	32.6	W	980.7	25.2	100	15.21.40	14 22 10 16 11 40	15日17時至16日 2時
新 竹	990.7	15 19 40	12.5 WSW	15 23 24	16.5	WSW	93.1	24.6	99	15.23.24	15 00 18 17 05 50	15日23時, 16日 1時, 2時, 4時
宜 蘭	979.9	15 18 00	9.2 WSW	15 17 20	13.0	WSW	980.6	25.9	87	15.17.40	14 20 30 16 21 05	
臺 中	991.7	15 14 00	8.0 NNW	15 14 00	19.4	NNW	991.7	28.6	82	15.14.11	15 09 35 17 05 31	
花 蓮	983.8	15 17 00	10.0 NE	14 19 50	14.0	NE	996.7	28.5	72	14.18.52	14 23 46 16 22 23	
日月潭	* 662.44	15 15 00	9.3 NW	15 15 50	—	—	—	—	—	184.0	15 10 10 16 10 10	
澎 湖	995.4	15 14 30	12.2 WSW	16 09 00	18.1	WSW	1000.6	25.4	91	16.12.59	15 23 40 16 23 18	15日4時至13時, 16日8時9時
阿里山	* 575.19	15 15 00	11.8 WNW	15 17 00	12.7	WNW	575.30	13.9	100	15.18.05	15 11 45 17 10 20	15日17時
玉 山	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
新 港	983.1	15 15 35	21.7 S	15 20 00	26.0	S	994.0	27.1	85	16.02.45	15 00 15 16 08 05	15日19時至16日 8時, 16日13時 至16時
永 康	992.8	15 10 00	8.0 NNW	15 10 00	15.3	NNW	92.8	25.7	90	15.10.07	15 02 30 15 20 50	
臺 南	993.9	15 04 30	8.0 NNW	15 11 30	16.6	NNW	994.4	29.1	83	15.11.34	15 02 42 15 20 40	
臺 東	983.5	15 14 15	13.0 SSW	15 22 00	23.2	SSW	992.0	28.7	78	15.22.11	16 00 12 16 16 50	15日21時至23時
高 雄	993.5	15 05 00	11.3 W	15 23 00	—	—	—	—	—	241.8	15 03 45 17 19 05	15日23時
大 武	988.3	15 15 03	7.2 SW	15 15 00	18.0	SW	88.3	30.6	64	15.15.03	15 11 41 17 00 40	
蘭 嶼	988.9	15 10 28	36.5 WSW	15 14 00	38.8	WSW	989.7	25.5	91	15.13.54	15 14 00 16 06 10	15日8時至16時8時
恒 春	993.0	15 05 00	14.0 WNW	15 11 30	17.6	WNW	994.3	27.5	93	15.11.05	14 19 35 16 07 28	15日11時
鹿林山	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

\* 重力值 (mm.)

境時之最低值。此後漸次上昇，而恢復正常。該地之氣壓變化情形請參閱第四圖。又基隆自15日9時起氣壓每小時約下降 1.5mb，至 20 時，測到最低

氣壓為 971.1mb。為次於彭佳嶼之最低值。

於第五圖所示者為畢莉颱風掠境時臺灣各地之最低氣壓及其出現時刻分佈圖。臺灣東部地區，如



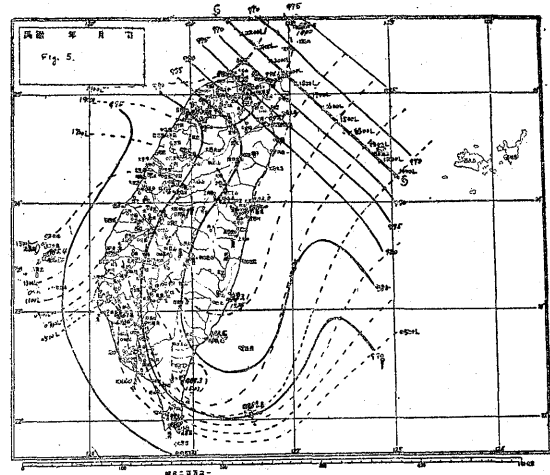
第四圖：彭佳嶼基隆兩地之氣壓變化

花蓮、新港、臺東及大武等地，其最低氣壓之出現時刻較遲，並且其氣壓又較西海岸各地略低。這種最低氣壓及其出現時刻之不正常分布，因為颱風之圓對稱氣壓分布，受臺灣地形之影響而彎曲，於臺灣東部沿海發出副低氣壓所致。

B. 氣溫

15日中午，當畢莉颱風接近本省東北部時，臺東及大武兩地發現有焚風現象。該日7時臺東之氣溫為攝氏27.9度，相對濕度為78%，至8時氣溫突增為30.3度，相對濕度降低至58%，此後逐漸恢復正常。

第四圖所示，為彭佳嶼及基隆兩地之最低氣壓出現前後之氣壓變化圖。由圖可以看出，彭佳嶼於15日21時，風向由東北變為東南時有氣溫上升之現象。又基隆於19時從西北風變為西南西風時有明顯之氣溫上升。總之，氣溫之變化與風向有明顯之關係，風向由偏北之風變成偏南之風時有昇溫之傾向。



第五圖：最低氣壓之分佈及其等值線與颱風中心之行徑

C. 風

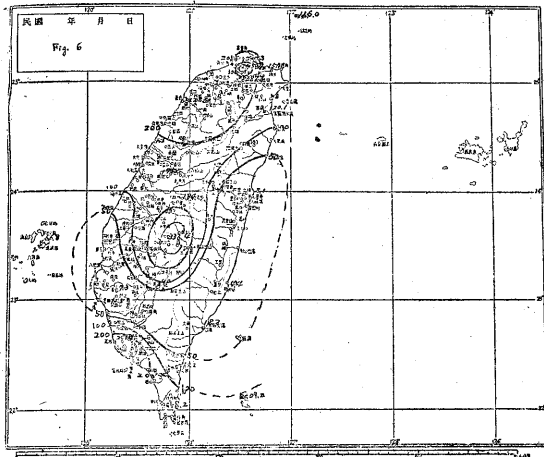
臺灣北部各地自15日晨起風力漸行增強，以彭佳嶼最為強烈，該日10時已有每秒20公尺之東北風，並繼續增強，至該日午後達最高峯，最大風速達每秒52.3公尺，係發生於15日18時50分。此為畢莉颱風過境時之最大風速實測值。蘭嶼次之，為西南西風每秒36.5公尺，係發生於15日14時。因這次畢莉颱風掠過臺灣東北部海上，並且暴風半徑僅有200公里，故僅本省北部在其暴風範圍內，而東部位於背風面風速較弱，至南部各地位於風暴範圍外，風速更小。

D. 降雨

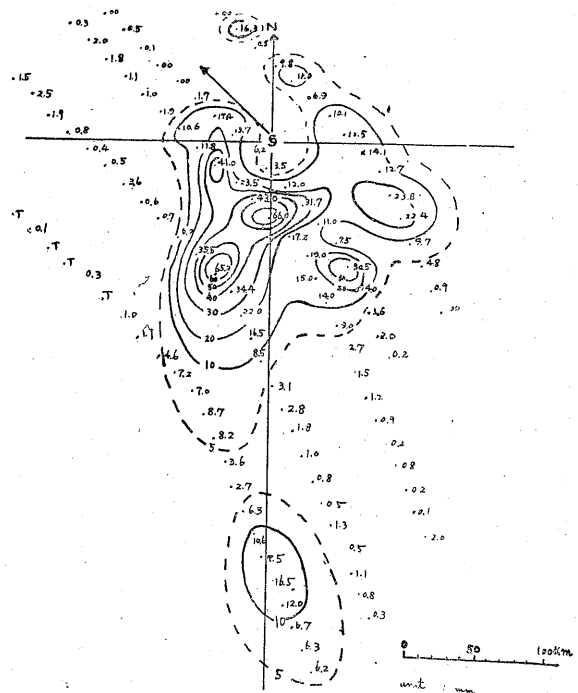
當畢莉颱風掠境時，各地均有降雨，臺灣東北部及北部各地如花蓮、宜蘭、臺北、淡水等地，約於14日下午至晚上即開始，東南部及西部各地降雨開始時間較遲，約於15日清晨或中午開始降雨。降雨量以北部，迎風面之中部山地及臺灣南端部為較大，其中於山地竹子湖降雨最多，計457.9公厘，阿里山次之為333.4公厘。於平地臺北降雨最多計287.3公厘，高雄其次為241.8公厘。東部及西南部降雨量極少，如花蓮、新港、臺東、臺南各地均在20公厘以下，各地之總降水量分佈情形，列如第六圖。

根據省氣象所所屬各測候所之颱風報告，其每小時降水量對於颱風中心之分佈，列如第七圖。由該圖可以明顯的看出，畢莉颱風之降雨，於颱風前面很微弱，而豪雨集中於颱風之南面（後面）。一小時雨量之最多值為臺北之66.0公厘，於15日之21時至22時間，係發生於颱風中心南方約55公里之

所在。其次為新竹之 65.2 公厘，係於 15 日 22 時至 23 時，發生於颱風中心南南西方約 100 公里之所在。這種雨量之分佈為這次畢莉颱風降雨之特徵，其天氣學的分析請參閱第二章。



第六圖：畢莉颱風之總雨量分佈



第七圖：颱風中心之每小時降水量之分佈

E. 颱風眼

據天氣圖上颱風行徑之判斷，基隆頗接近颱風中心。根據基隆測候所之觀測（請參考第 3 圖），自 19 時起氣壓下降漸緩，而氣溫漸昇，風向自西北轉西南，風速漸減，尤其在 20 時左右風雨漸停頓，天空雖有低雲，惟不若以前之晦暗，似日常黃昏之天空狀態。過 21 時半後風雨又增強，風向急轉南風，氣壓急激上升，氣溫降低。又觀測記事中有記載

下雨情形如下：18 時 44 分下雨，轉毛毛雨 19 時 50 分雨停，至 20 時 30 分再下雨，20 時 40 分轉大雨。根據上述之觀測事實，可斷定颱風眼之南端通過基隆地區，其經過之時間在 20 時左右。

第二表所示者為美軍飛機偵察報告之畢莉颱風之颱風眼資料。13 日 9 時 30 分之颱風眼直徑竟達 96 公里之大，實為以往颱風所少見。

第二表：美軍飛機偵察報告之畢莉颱風之颱風眼資料

觀 測				中 心 位 置		中心位置決定		海 平 面 氣 壓 (mb)	最 大 風 速 (m/sec)	眼 之 直 徑 (km)	700mb 等 壓 面 高 度 g. p. m.	其 他
年	月	日	時 分	°N	°E	方 法	誤 差 (km)					
1959	7	09	06 24	8.3	142.5	loran	16	—	13	—	—	
—	—	12	07 00	13.7	130.9	loran	—	—	18	—	—	
—	—	12	21 55	14.9	129.0	—	—	990	23	64	9830	Wall cloud W through SE, open N and NE
—	—	13	01 30	15.5	129.0	loran and radar	8	—	—	96	—	
—	—	14	02 00	19.6	126.4	—	—	979	51	—	9560	
—	—	14	14 00	21.9	124.4	acft radar	—	—	—	—	—	
—	—	14	21 00	23.2	124.3	loran	—	—	—	—	—	

三、災 害 調 查

這次畢莉颱風，於臺灣北部誘致豪雨，釀成頗嚴重之水災。臺灣東北部地區之交通、電信、電力、農業、水利、房舍及人民之生命財產等，均造成嚴重損害。受害最嚴重者為臺北縣市，陽明山及桃園次之，新竹縣及宜蘭縣為最輕。中南部各縣市則未受災害。

根據警務處之統計，共計人口死亡 21 人，失

踪 9 人，重傷 2 人、輕傷 30 人，災民 16,440 人，民房全毀 431 棟，半毀 3,304 棟。詳見第三表。

鐵路僅內灣線不通，公路方面受損達 20 多處，大部均在北部地區路線。電信以臺北市內電話受災為最，有 1,600 號電話發生障礙。電力以臺北市及郊區受災最嚴重，低壓線及接戶線損害達二千多處，郊區有七條輸電線停電。農作物及害畜估計損失達 22,794,404 元，糧食損失 279,839 元。詳見第四表。

第三表 畢莉颱風災害損失統計 (一)

地 名	人 口 (人)					房 屋 (棟)		房屋損失估 值 (臺幣元)	其 他 重 大 損 失
	死亡	失蹤	重傷	輕傷	災民	全 毀	半 毀		
陽 明 山	—	—	—	—	624	104	144	715,700	橋樑損毀兩座。  堤防損毀二百七十公尺，橋樑沖斷一座。 堤防沖毀一千五百公尺，公路橋樑損壞十一座。 堤防沖毀三百二十公尺，木橋損毀三座。 橋樑沖斷一座。 堤防沖毀二千零九十公尺，橋樑損毀十八座。
基 隆 市	1	—	2	7	331	32	163	366,150	
臺 北 市	3	—	—	4	8,120	55	1,423	2,394,920	
臺 南 市	—	—	—	—	—	2	—	17,000	
臺 北 縣	3	8	—	17	7,167	149	1,435	2,970,950	
桃 園 縣	7	1	—	—	198	66	109	548,930	
新 竹 縣	—	—	—	2	—	19	30	90,550	
臺 中 縣	7	—	—	—	—	—	—	—	
高 雄 縣	—	—	—	—	—	4	—	15,000	
合 計	21	9	2	30	16,440	431	3,304	7,219,200	

第四表 畢莉颱風災害損失統計 (二)

損 害 類 別	小 計	合 計	總 計	備 考
農 作 物 及 家 畜	22,794,404	—	—	
水 利	4,507,400	—	—	
交 通 (鐵 路)	3,142,383.76	} 9,463,453.76	—	
交 通 (公 路)	6,321,070		—	
糧 食	279,839	—	—	
學 校 (省 屬)	922,100	} 2,522,400	—	
學 校 (縣 市 屬)	1,600,300		—	
省 級 機 關 公 共 建 築 物	2,934,267.80	—	42,501,764.56	

## II 畢莉颱風所誘致之豪雨調查

### 一、緒 論

這次畢莉颱風掠境，於臺灣北部誘致豪雨釀成頗嚴重之水災。颱風時之雨量預報是防止水災之先決條件。故於本文將研討颱風區域內之渦度及渦度性降雨之分佈，並且使用動力氣候學的方法及天氣學的方法，討論颱風降雨量預報之可能性，以資防災之參考。

### 二、畢莉颱風區域內之渦度分佈及渦度性降雨分佈

#### (A) 颱風模型

本節將應用 S. Syono 之圓對稱等壓線之非線型微分方程式之近似解，計算颱風下層之運動狀態，以資使用地面風觀測計算畢莉颱風之渦度分佈及渦度性降雨之理論根據。

使用直角座標，(x, y, z) 運動方程式為

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - f v &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} \\ &+ \mu \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + f u &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} \\ &+ \mu \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

式中 u, v 各為速度之 x, y 成分，t 為時間，f 為 Coriolis 之參數，ρ 為空氣之密度，p 為氣壓，μ 為分子粘滯係數 (molecular coefficient of viscosity)。

若使用相對渦度  $\zeta = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}$ ，及全壓  $P = p + \frac{1}{2} \rho (u^2 + v^2)$  之關係式，(1) 式可寫為

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} - (f + \zeta) v &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + \mu \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \\ \frac{\partial v}{\partial t} + (f + \zeta) u &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} + \mu \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \end{aligned} \right\} \dots (2)$$

若使用柱極座標 (r, θ, z)，並且假定颱風之氣壓分佈成圓對稱及定態  $\frac{\partial u}{\partial t} = 0, \frac{\partial v}{\partial t} = 0$ ，則

$$\left. \begin{aligned} - (f + \zeta) v_{\theta} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial r} + \mu \frac{\partial^2 v_r}{\partial z^2} \\ (f + \zeta) v_r &= \mu \frac{\partial^2 v_{\theta}}{\partial z^2} \end{aligned} \right\} \dots (3)$$

其中  $v_r, v_{\theta}$  為風速之 r, θ 方向之成分。上式中包含有非線性項，故不易求解。如應用妥當的物理的法則簡化上述之方程式，則可求出其近似解。

(3) 式中，相對渦度 ζ 及 Coriolis 之參數與風速  $v_r, v_{\theta}$  有同等之作用，此效果通稱為渦度效果 (Vorticity effect)。普通風速受地面摩擦之影響於地面附近較小，但沿高度昇高風速逐漸增大而接近梯度風 (Gradient wind)。

$$- (f + \zeta) v_{\theta} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial r} \dots (4)$$

相對渦度 ζ 也有與風速同樣之性質。若 (3) 式中之 ζ 由摩擦層 (Frictional layer) 之平均值  $\bar{\zeta}$  代替，並且使用 (4) 式之關係，摩擦層內之近似方程式如下。

$$\left. \begin{aligned} - (f + \bar{\zeta}) v_{\theta} &= - (f + \bar{\zeta}) v_{\theta} + \mu \frac{\partial^2 v_r}{\partial z^2} \\ (f + \bar{\zeta}) v_r &= \mu \frac{\partial^2 v_{\theta}}{\partial z^2} \end{aligned} \right\} \dots (5)$$

此方程式為線型方程式，故容易求解。若使用於地面 (z=0)， $v_r = \lambda \frac{\partial v_r}{\partial z}, v_{\theta} = \lambda \frac{\partial v_{\theta}}{\partial z}$  之境界條件，其解為

$$\left. \begin{aligned} v_r &= -v_{\theta} C \exp\left(-\frac{\pi}{D} z\right) \\ &\cos\left(\frac{\pi}{D} z - \varepsilon\right) \\ v_{\theta} &= v_{\theta} (1 + C \exp\left(-\frac{\pi}{D} z\right) \\ &\sin\left(-\frac{\pi}{D} z - \varepsilon\right) \end{aligned} \right\} \dots (7)$$

其中  $C = \left(1 + 2\lambda \sqrt{\frac{f + \bar{\zeta}}{2\mu}} + \lambda^2 \frac{f + \bar{\zeta}}{\mu}\right)^{-1}$   
 $= \left(1 + \frac{2\lambda\pi}{D} + \frac{2K^2\pi^2}{D^2}\right)^{-1} \dots (8)$

$$\tan \varepsilon = 1 + \frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{2\mu}{f + \bar{\zeta}}} = 1 + \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{D}{\pi} \dots (9)$$

$$D = \pi \sqrt{\frac{2\mu}{f + \bar{\zeta}}} : \text{摩擦高度 (Frictional height)} \dots (10)$$

$$\bar{\zeta} = \frac{1}{D} \int_0^D \zeta dz = R \left(-\frac{\partial v_{\theta}}{\partial r} + \frac{v_{\theta}}{r}\right) = R \zeta_s$$

$$R = \frac{1}{D} \int_0^D \left\{1 + C \exp\left(-\frac{\pi}{D} z\right) \sin\left(-\frac{\pi}{D} z - \varepsilon\right)\right\} dz$$

$$= 1 - 0.173 C (\sin \varepsilon - \cos \varepsilon)$$

(7) 及 (8) 式中，令 z=0，可以求出地面風速  $v_{r0}, v_{\theta0}$  為



$$\begin{aligned} v_{r0} &= -v_g C \cos \varepsilon \\ v_{\theta 0} &= v_g (1 - C \sin \varepsilon) \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (11)$$

令  $\psi$  為地面等壓線及地面風速間之角，則

$$\begin{aligned} \cot \psi &= \frac{v_{\theta 0}}{v_{r0}} = \frac{1 - C \sin \varepsilon}{-C \cos \varepsilon} = \tan \varepsilon \\ &\quad - \frac{1}{C} \sec \varepsilon \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (12)$$

又  $\frac{1}{C} \sqrt{(1 + \frac{K\pi}{D})^2 + (\frac{K\pi}{D})^2} = \frac{K\pi}{D}$

$$\sqrt{1 + (1 + \frac{D}{K\pi})^2} = \frac{1}{\tan \varepsilon - 1}$$

$$\sqrt{1 + \tan^2 \varepsilon} = \frac{1}{\cos \varepsilon} \frac{\cos \varepsilon}{\sin \varepsilon - \cos \varepsilon}$$

$$= \frac{1}{\sin \varepsilon - \cos \varepsilon}$$

$$\therefore C = \sin \varepsilon - \cos \varepsilon \quad \dots\dots\dots (13)$$

(13) 式代入 (12) 式，可得

$$\begin{aligned} \cot \psi &= \tan \varepsilon - \frac{\sec \varepsilon}{\sin \varepsilon - \cos \varepsilon} = \\ &= \frac{-\sin \varepsilon + \cos \varepsilon}{\sin \varepsilon - \cos \varepsilon} \\ &= \frac{\sqrt{2} \cos (\frac{\pi}{4} - \varepsilon)}{\sqrt{2} \sin (\frac{\pi}{4} - \varepsilon)} = -\cot \end{aligned}$$

$$(\frac{\pi}{4} - \varepsilon) = \cot (\varepsilon - \frac{\pi}{4})$$

$$\therefore \psi = \varepsilon - \frac{\pi}{4} \text{ 或 } \varepsilon = \psi + \frac{\pi}{4} \quad \dots\dots\dots (14)$$

$$\therefore C = \sin \varepsilon - \cos \varepsilon = \sqrt{2} \sin \psi$$

(14) 式代入 (7) 及 (8) 式，可得地面風

$$\left. \begin{aligned} v_{r0} &= -v_g C \cos (\psi + \frac{\pi}{4}) \\ v_{\theta 0} &= v_g \left\{ 1 - C \sin (\psi + \frac{\pi}{4}) \right\} \end{aligned} \right\} \dots\dots (15)$$

及  $v_0 = \sqrt{v_{r0}^2 + v_{\theta 0}^2} = \sqrt{2} v_g \cos (\psi + \frac{\pi}{4})$   
 $\dots\dots\dots (16)$

如此，我們可以由 (7) 式求出颱風下層之風速分佈，同時可由 (15) 或 (16) 式求出颱風之地面風速分佈。若假定上述之颱風模式，可以求出輻合於單位底面積之無限高之空氣柱中之空氣量  $\theta$  為

$$\theta = \int_0^\infty \frac{1}{r} \frac{\partial (r \rho v_r)}{\partial r} dz$$

(7) 之第一式代入上式，並且假定  $\rho, c$  及  $r$  之變化小可略而不計，則

$$\theta = - \int_0^\infty \frac{1}{r} \frac{\partial (r v_g)}{\partial r} \cdot \rho C \exp$$

$$\begin{aligned} &(-\frac{\pi}{D} z) \cos (\frac{\pi}{D} z - \varepsilon) dz \\ &= -\bar{p} C \left( \frac{\partial v_g}{\partial r} + \frac{v_g}{r} \right) \int_0^\infty \exp \\ &\quad \left( -\frac{\pi}{D} z \right) \cos (\frac{\pi}{D} z - \varepsilon) dz \\ &= -\frac{\bar{p} C \zeta_g D}{\sqrt{2} \pi} \cos (\varepsilon - \frac{\pi}{4}) \\ &= -\frac{\bar{p} C D}{\sqrt{2} \pi} \zeta_g \cos \psi \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (17)$$

其中

$$\begin{aligned} \zeta_g &= \frac{\partial v_g}{\partial r} + \frac{v_g}{r} = \frac{1}{r} \frac{\partial (\gamma v_g)}{\partial r^2} \\ &= \frac{1}{2} \frac{\partial (\gamma v_g)}{\partial r^2} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (18)$$

若梯度風及地面風之關係式 (16) 代入上式，可得溫度  $\zeta_g$  為

$$\zeta_g = \frac{K}{2} \frac{\partial (\gamma v_0)}{\partial r^2} \quad \dots\dots\dots (19)$$

其中  $K = \frac{1}{\sqrt{2} \cos (\psi + \frac{\pi}{4})} \quad \dots\dots\dots (20)$

應用上式可以由地面風觀測求出颱風區域內之溫度分佈。

若使用非壓縮性流體之連續方程式

$$\frac{\partial v_z}{\partial z} + \frac{1}{r} \frac{\partial (\gamma v_r)}{\partial r} = 0$$

可以求出上昇速度  $v_z$  為

$$\begin{aligned} v_z &= - \int_0^z \frac{1}{r} \frac{\partial (r v_r)}{\partial r} dz \\ &= \frac{CD}{\sqrt{2}} \zeta_g \left\{ \cos \psi \exp \left( -\frac{\pi}{D} z \right) \right. \\ &\quad \left. \cos \left( \psi - \frac{\pi}{D} z \right) \right\} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (21)$$

由上式可以看出，上昇速度與摩擦高度成正比例，並且知道於正渦度區域有上昇氣流，於負渦度區域有下降氣流之物理學的意義。

又於 (17) 式同樣之計算，可以求出輻合於單位底面積之無限高之空氣中之水汽量  $W$ ，為

$$W = \bar{q} \cdot \frac{CD}{\sqrt{2} \pi} \zeta_g \cos \psi \quad \dots\dots\dots (22)$$

其中  $\bar{q}$  為絕對濕度。於颱風中有顯著之上昇氣流，故假定輻合於空氣柱中之水汽量相等於降水量，則 (22) 式為表示降雨強度之方程式。若使用 (10) 及 (16) 之關係式 (22) 式可以寫成

$$W = \frac{\bar{q}}{2} \cdot \frac{\sqrt{\mu}}{\sqrt{f+\bar{\zeta}}} \cdot \frac{\sin 2\psi}{\cos(\psi + \frac{\pi}{4})} \cdot \zeta_0 = A \frac{\zeta_0}{\sqrt{f+\bar{\zeta}}} \dots\dots\dots(23)$$

其中  $\zeta_0 = \frac{\partial v_0}{\partial r} + \frac{v_0}{r}$

$$A = \frac{\bar{q} \sqrt{\mu}}{2 \cos(\psi + \frac{\pi}{4})} \sin 2\psi \dots\dots\dots(24)$$

若假定  $\bar{q}=25\text{g/m}^3$ ,  $\mu=10^5 \text{ c. g. s.}$ ,  $\psi=30^\circ$ ,  
則  $A=4.6 \times 10^3 \text{ c. g. s./hour.}$  \dots\dots\dots(25)

(23) 式中降雨強度與地面渦度成正比例，故此種降雨通常稱為渦度性降雨，而 A 稱為降雨係數。

若使用  $\zeta_g$ ，則渦度性降雨 W 可以寫成

$$W = \frac{\bar{q}}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{\mu}{f+\bar{\zeta}}} \cdot \sin 2\psi \cdot \zeta_g \dots\dots\dots(26)$$

若假定  $\bar{\zeta}$  大略與 f 相等，

$$W = \frac{\bar{q}}{2} \sqrt{\frac{\mu}{f}} \cdot \sin 2\psi \cdot \zeta_g = B \cdot \zeta_0 \dots\dots\dots(27)$$

其中  $B = \frac{\bar{q}}{2} \sqrt{\frac{\mu}{f}} \cdot \sin 2\psi \dots\dots\dots(28)$

若假定  $\bar{q}=25\text{g/m}^3$ ,  $\mu=15^5 \text{ c. g. s.}$   $\psi=30^\circ$   
 $=2\Omega \sin \phi = 2\Omega \sin 25^\circ = 0.617 \times 10^{-4} \text{ sec}^{-1}$

即  $B=1.68 \times 10^3 \text{ c. g. s./hour.}$  \dots\dots\dots(29)

故  $W=1.68 \times 10^3 \zeta_g \text{ c. g. s./hour.}$  \dots\dots\dots(30)

故由 (23) 式或 (30) 式，可以使用地面之風向及風速之觀測結果，計算颱風區域內之降雨分佈。

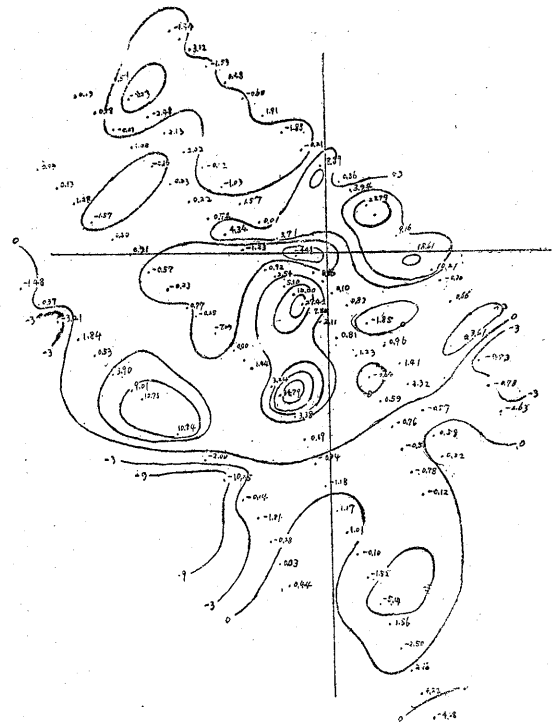
**(B) 計算結果f**

根據前節所述之理論，使用 (19) 式，由彭佳嶼、基隆、臺北、新竹及臺中等地之地面風向及風速之觀測結果，計算畢莉颱風掠境時之渦度，而繪得渦度對於颱風中心之分佈，列如第八圖。

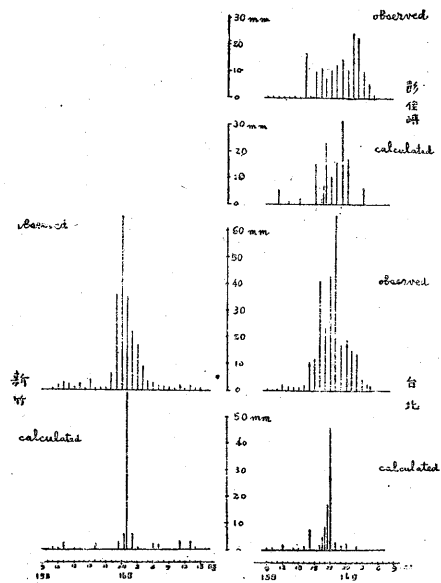
此圖與實際降雨量分佈圖 (第七圖) 比較，其分佈狀態頗能重合一致。如畢莉颱風中心東北方之三個渦度分佈之極大區域及西南西方之兩個渦度分佈之極大區域，與雨量分佈之極大區域完全一致。根據前節所述理論之 (23) 式，已知降雨強度與地面渦度成正比例。實際上雨量觀測之結果及由地面之風向風速所計算之渦度分佈狀態，大致一致，可以證明理論完全正確。

又使用 (30) 式，由彭佳嶼、臺北及新竹之地面觀測，計算之每小時雨量與實測值比較，繪得如第九圖所示。兩者大略一致。

根據上述之結果，可以斷定颱風區域內之降雨量



第八圖：渦度分佈



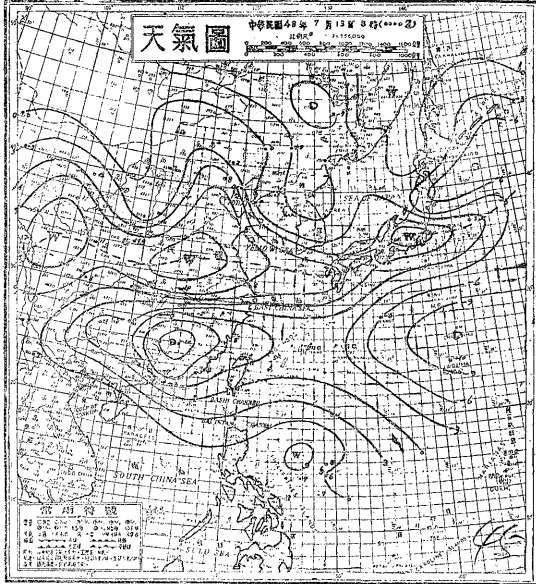
第九圖：彭佳嶼、臺北、新竹三地每小時實測雨量與計算雨量比較

中，渦度性降雨占大部分，故在颱風預告上即可以渦度性降雨當做颱風降雨之預告值。

**三、畢莉颱風豪雨之天氣分析**

自天氣學的觀點，詳細考察豪雨之結構，可以知

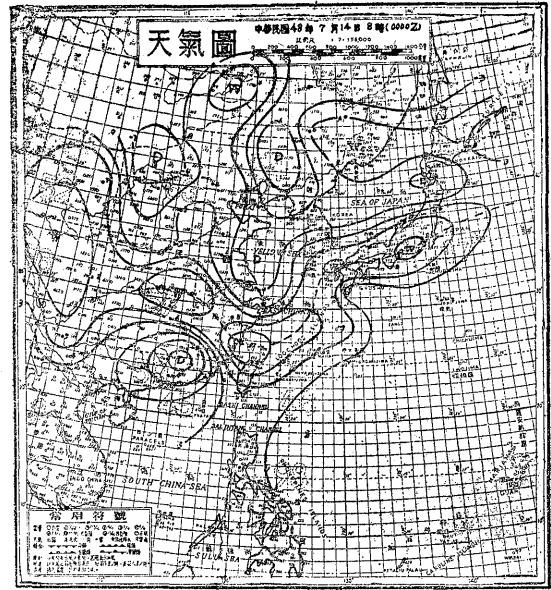
道引起豪雨之必要條件有二。其一為該地區上空蓄積有可能構成豪雨之充分水汽。其二為該地區有充分強盛之大氣擾動，如低氣壓、鋒面或熱帶氣旋等，而其擾動之強烈上昇氣流，可以釋出大氣中所蓄積之水氣使其變成豪雨。



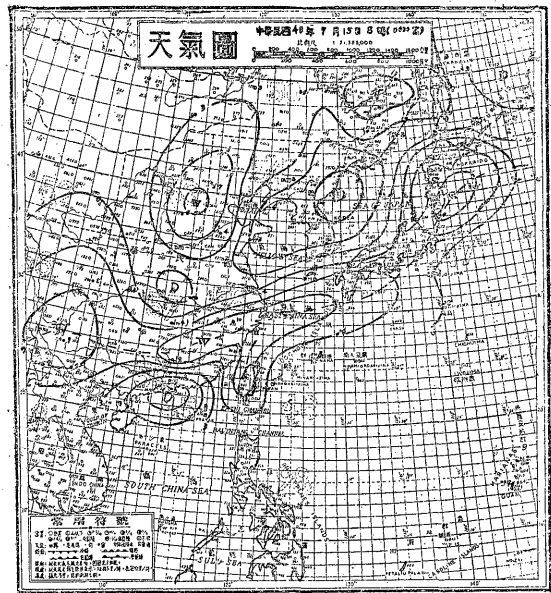
第十圖：700mb 面上之露點分佈 (48.7.13. 0000Z)

根據上述之觀點，首先以研討水汽分佈狀態之目的，將7月13日，14日及15日8時之700mb高度之露點分佈情況繪得如第十，十一，十二圖所示。又於700mb高度，露點溫度及混合比之關係，列如第五表。

於第十圖中，可以看出7月13日8時之水汽分佈，則印度洋之高溫多濕之氣團，因西南季風之輸送而侵入中國內地之高原地帶，再由大氣環流之中緯度西風，將其水汽輸送至華中，及日本一帶。而復因沿北緯33度線，構成一帶狀之多濕地帶。該日晚華中之低氣壓及明顯之鋒面，進入東海而接近日本時，由低氣壓及鋒面等擾動中之上昇氣流，將蓄積於大氣中之多量水汽釋出，而於日本西部，及九州地區釀成豪雨，造成



第十一圖：700mb面上之露點分佈 (48.7.14. 0000Z)



第十二圖：700mb面上之露點分佈 (48.7.15. 0000Z)

第五表：水面上之飽和混合比 (700mb)

露 點 (°C)	-9	-6	-3	0	3	6	9	12	15
混合比 (g/kg)	2.773	3.501	4.397	5.492	6.827	8.444	10.40	12.75	15.57

嚴重之水災。當時之地面天氣圖，如第十三圖所示。

又13日8時之700mb等壓面高度圖，繪得如第十四圖中所示。圖中於黃海北部，有低氣壓，從其中心

槽線伸向南南西方至華中。此槽線背面有西北風約每秒10公尺。故13日8時位在此槽線背面之多量水汽，受此西北氣流之輸送，至14日8時(參閱第十一圖)移

動約 900 公里，到達臺灣北部及東海南部一帶。當時颱風畢莉在臺灣北部東南方約 1,000 公里之海面上，於圖中颱風中心使用⊙符號表示之。此後此水汽滯留東海南部，至 15 日 8 時（參閱第十二圖）颱風接近臺灣時，此多濕之空氣受颱風環流之影響，自颱風之西北象限進入颱風之西南象限，及颱風後部。因颱風區域內擾動之上昇氣流，釋出水汽，而造成畢莉颱風之水災。此種豪雨結構之分析，與如第七圖所示之畢

莉颱風之降雨分佈，完全一致，故颱風前部降雨較少，而於颱風之西南象限及後部形成豪雨。

根據上述之分析，可知這次畢莉颱風之豪雨與 7 月 13 日，14 日在日本西部引起水災之豪雨，其水汽之來源完全相同。而釋出此水汽之上昇氣流，日本西部是低氣壓及鋒面，而臺灣是畢莉颱風，若兩者比較時，颱風應該比低氣壓或鋒面，其上昇氣流更為強烈，故其豪雨之形成條件更優於前者。

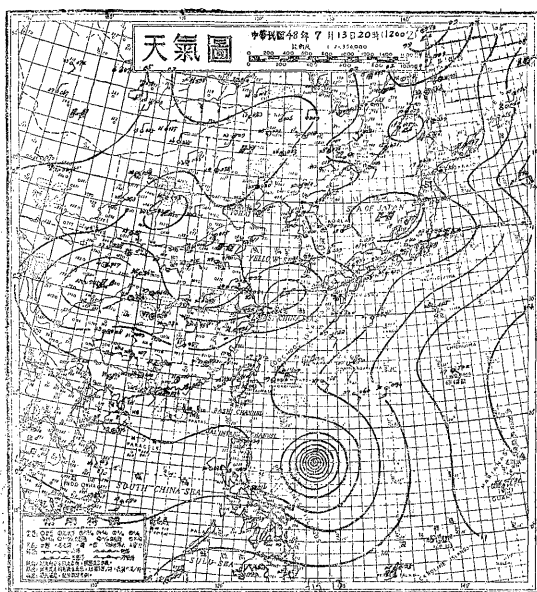
總之，這次畢莉颱風之豪雨，如以上述之方法詳加分析，或可能於事前預見徵兆也。

#### 四、颱風掠過台灣北部海面時之台灣各地雨量分佈之統計

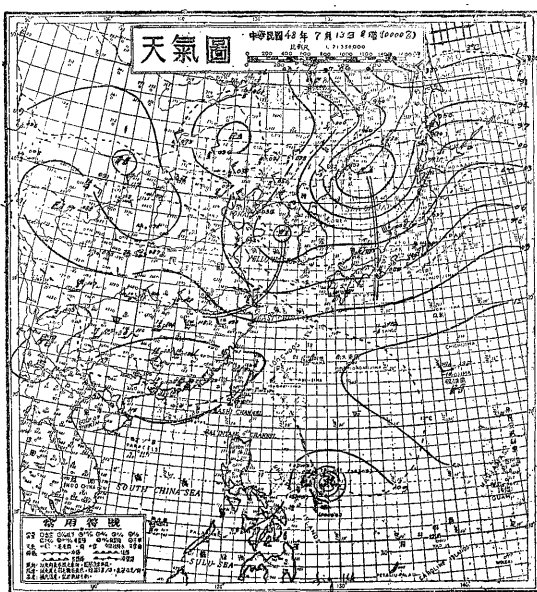
若颱風中心通過離臺灣本島海岸線 200 公里以內地區時，稱為侵襲臺灣之颱風，則由民國前 15 年（西曆 1897 年）至今，侵襲臺灣之颱風計有 229 次。其中掠過臺灣北部海面而向西乃至西北進行者有 41 次，佔侵襲臺灣之颱風之 17.9 %。此類颱風一般行徑均係來自本島東部海上向西北進行，或來自琉球群島向西進行者。不論何者均經漫長之海途，故極為發展，其勢力亦極強，中心氣壓降低至 940mb 左右者並不罕見。此類颱風襲來時臺灣北部常有暴風及豪雨，常致水災。又東海南部天氣異常惡劣，船舶時遭危難，其他地區一般則無大影響。西部及西南部於颱風通過後因西南風之侵入常致豪雨，東南部則因西風引起焚風 (Foehn) 現象。

自民國前 15 年至今，掠過臺灣北部海面之 41 次颱風中，調查其最大總雨量之地理分佈，可得如第六表所示之結果。則颱風通過臺灣北部海上時，最大總雨量出現於臺灣北部各地之次數為 26 次，佔總次數之 63.4 %，其次為中部計有 8 次，佔 19.5 %。而南部及東部為極少。又由地點區分，臺北降大雨之次數最多，計有 15 次，佔 36.6 %，臺中次之，共 8 次佔 19.5 %。此統計結果，與前述之經驗完全一致。

若於臺灣北部各地出現之 26 次最大總雨量中，根據其強度分類可得強度頻率表，列如第七表。根據此表，過去 41 次颱風通過臺灣北部海上時，臺灣北部之降雨量有 100 公厘以上者，計有 22 次，即平均每兩次颱風有一次 100 公厘以上之大雨。總雨量 200 公厘以上之頻率為 13 次，即每 3 次颱風，略有一次 200 公厘以上之大雨。總雨量 250 公厘以上之頻率為 10 次，故每 4 次颱風，略有一次 250 公厘以上之大雨。上述之統計年數為 63 年，因此也可以說平均每三年間，最少



第十三圖：地面天氣圖 (48.7.13. 1200Z)



第十四圖：700mb面高度圖 (48.7.13. 0000Z)

有一次颱風於臺灣北部降 100 公厘以上之大雨。又約每 4 年間 (5 年, 6 年, 15 年) 最少有一次颱風, 於臺灣北部降 150 公厘 (200 公厘, 250 公厘, 300 公厘) 以上之豪雨。

總之, 由動力氣候學的觀點, 通過臺灣北部海上之颱風, 於臺灣北部引起豪雨之或然率非常高, 故對此類颱風之預報, 特別要注意臺灣北部之豪雨, 及豪雨引起之水災。

第六表：颱風掠過臺灣北部海面時之最大總雨量之地理的分佈

地 區	最 大 總 雨 量		地 點	最 大 總 雨 量	
	次 數	百 分 率		次 數	百 分 率
臺 灣 北 部	26	63.4%	臺 北	15	36.6%
			基 隆 嶼	6	14.6%
			彭 佳 水	4	9.8%
			淡 水	1	2.4%
臺 灣 中 部	8	19.5%	臺 中	8	19.5%
臺 灣 南 部	5	12.2%	臺 南	2	4.9%
			恒 春	2	4.9%
			玉 山	1	2.4%
臺 灣 東 南 部	2	4.9%	臺 東	1	2.4%
			六 武	1	2.4%
總 計	41	100.0%		41	99.9%

第七表：最大總雨量頻率分佈

最 大 總 雨 量 (mm)	頻 率	累 計
400 以上	1	1
400~350	1	2
350~300	2	4
300~250	6	10
250~200	3	13
200~150	3	16
150~100	6	22
100~ 50	3	25
50 以下	1	26

最 大 值 (622.5mm)  
 最 小 值 ( 46.5mm)  
 平 均 值 (215.0mm)  
 統 計 年 數 63年