

# TAMEX IOP-10a 初步分析

柳中明 羅國維 楊傳琮

國立台灣大學大氣科學系

## 摘要

1987年6月16~17日的TAMEX IOP-10a期間，在台灣東岸海洋面上，1個中尺度對流系統(MCS)充份發展成長。美國WP-3D在MCS成長期間，多次穿透飛行，收集動力、熱力與物理資料。本文僅就綜觀天氣，中尺度氣象，雷達觀測與飛機資料作初步分析。

### 一、綜觀尺度分析

於6月14日至6月17日，太平洋副熱帶高壓未能涵蓋台灣，其軸線位置約在21°N左右，高低壓排列呈東北西南走向，這些天氣形式是屬於正常的梅雨型態(陳、蔡，1978)。於6月14日0000GMT在東海有一低壓區，冷鋒向西南延伸至南海，至14日1200GMT低壓中心已移動至日本西南方，另一低壓中心在福建省逐漸發展，兩低壓中心間有冷鋒連接，另一冷鋒則由福建省向西南延伸，經中國大陸南邊沿海省份。此時850及700mb有反氣旋區籠罩台灣，於500及300mb台灣則位於脊線前方。另一低壓中心存在呂宋島西北方，對應於此低壓於高空有一槽線，此低壓及太平洋副熱帶高壓產生的氣流，將水汽輸往台灣東部，對東部降水有密切關係。

於6月15日0000GMT冷鋒通過台灣北部、台灣海峽至福建省；6月15日1200GMT冷鋒通過花蓮及台灣中部；於6月15日0800GMT IR 衛星雲圖上花蓮東方海面有一MCS(中尺度對流系統)逐漸發展，宜蘭、新港、花蓮分別於0700、0800、1100GMT開始下雨，至6月15日1800GMT下雨停止；至6月16日0000GMT原位於日本西南方之低壓中心向東移動，冷鋒由此中心向西南延伸經東海、台灣東南部及台灣海峽；至6月16日1200GMT冷鋒通過巴士海峽(圖1,2)，此時台灣南部、東部至呂宋島西方、北方已整個為大片雲區籠

罩(圖3)，並造成東部地區於6月16日0700GMT至6月17日0000GMT期間較前一天有更多的降雨量(圖4)，於6月16日1900GMT此雲區開始疏散，台灣東部地區雲帶向東北移動(圖3)。

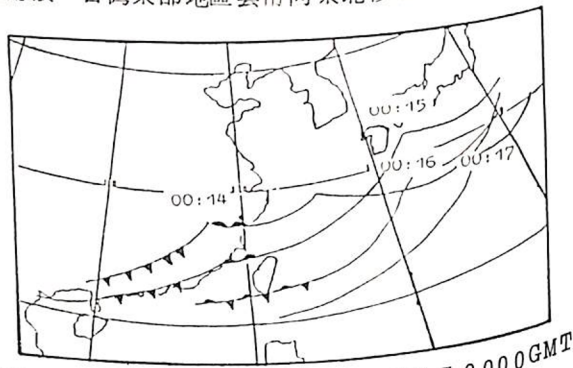


圖1 6月14日0000GMT至6月17日0000GMT 鋒面位置

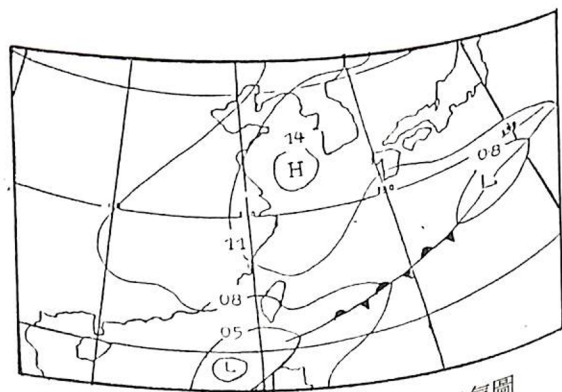


圖2 6月16日1200GMT 綜觀地面天氣圖  
於6月17日0000GMT位於呂宋島西北方之低壓發展為熱帶性低氣壓，並由於太平洋副熱帶高壓向北伸展至大陸地區，而將其驅使向西及西北移動

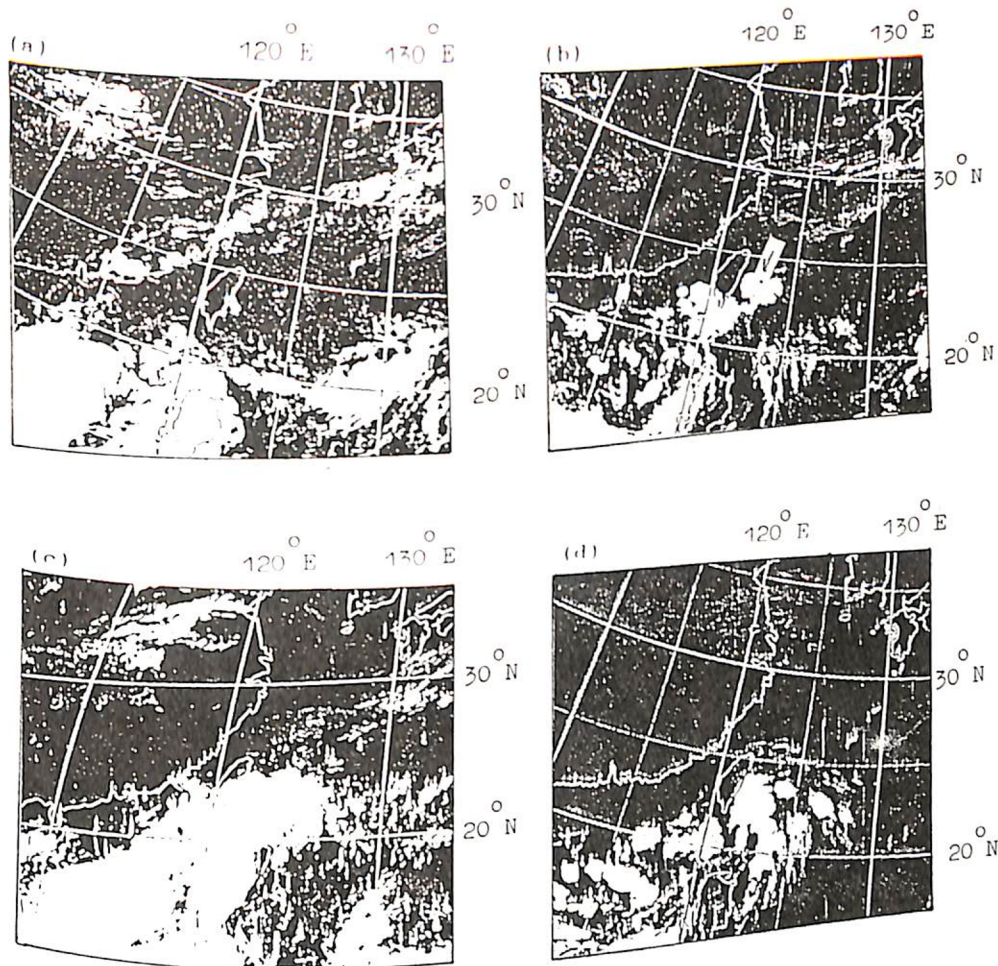


圖3 紅外線衛星雲圖(a)6月15日1200GMT，(b)6月16日0000GMT，(c)6月16日1200GMT，(d)6月16日1900GMT 箭頭所指處為MCS 的位置

造成降雨的停止。總而言之，由於呂宋島西北方之低壓及太平洋副熱帶高壓產生的氣流，提供充沛的水汽及鋒面系統南下使MCS 逐漸發展。

### 二、中尺度分析

在我們研究的時間內(6月16日0000GMT至6月17日0000GMT)地面吹北至東北盛行風。因為中央山脈和台灣海峽地形關係，導致沿中央山脈西邊有一低壓槽。同時中央山脈東邊和台灣海峽上空各有高壓脊(圖5a)，當時氣壓梯度甚高，在空曠地方風速超過10ms<sup>-1</sup>，台灣以東的地面風是東北風，露點在24℃附近，顯示水汽含量甚高。

於850mb等壓面上，16日0000GMT流線分析顯示在台灣東北有一反氣旋輻散系統，台灣東岸其他地區則吹偏東風。至0900GMT，該反氣旋消失，整個台灣東岸都是受東風影響，這情況一直維持至研究時間結束止。

在700mb面上，16日0000GMT時的氣流有些微反氣旋，中央山脈東邊的氣流為南南西，幾乎與中央山脈平行，至0600GMT，花蓮東北出現一小反氣旋，花蓮以南的台灣東岸吹東風，引進大量水汽，至1200GMT東岸轉為東南風。

總結地面和低層情況，氣流都是從太平洋吹至中央山脈，引來大量水汽和降水。

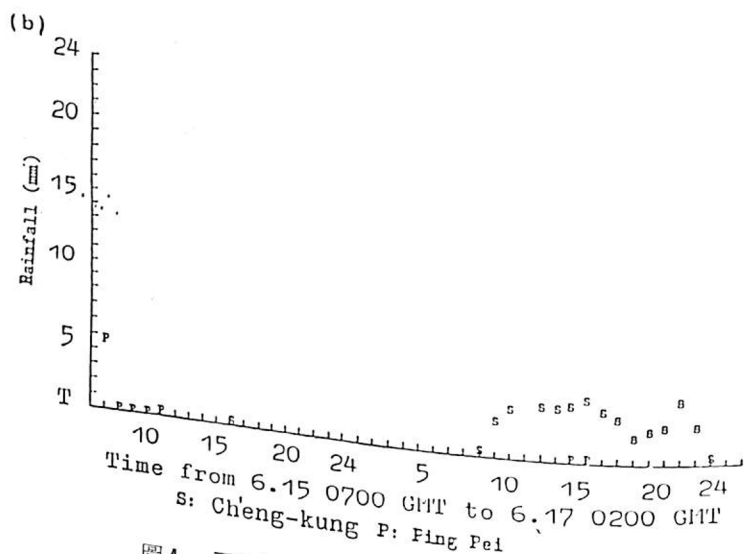
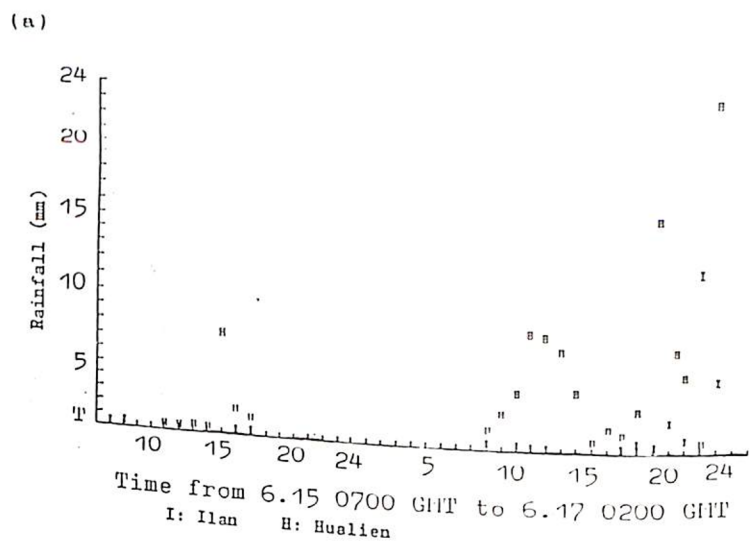


圖4 雨量記錄(a)宜蘭和花蓮(b)新港和屏北

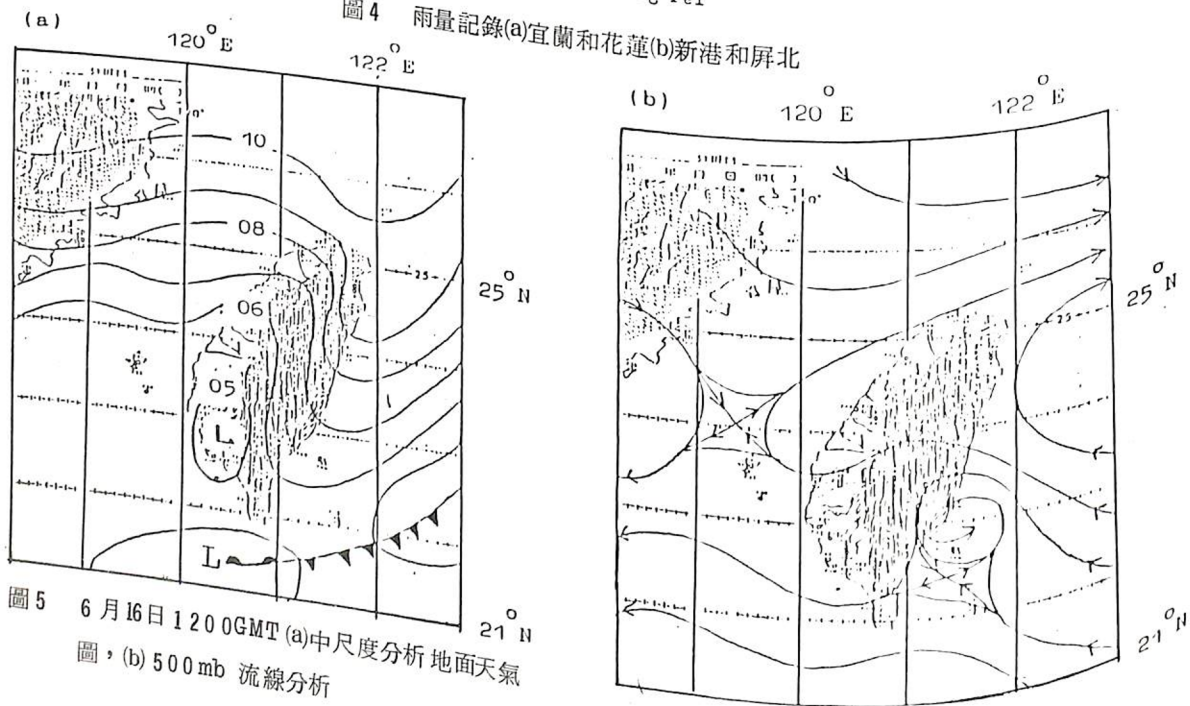


圖5 6月16日1200GMT (a)中尺度分析地面天氣圖, (b)500mb 流線分析

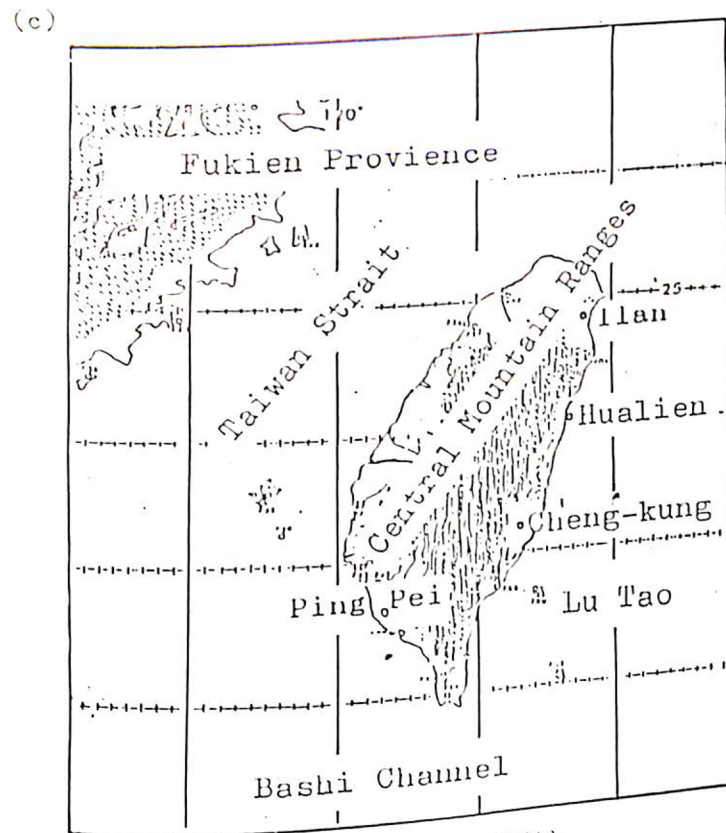


圖4 (續) 台灣地圖展示於(c)

在500mb方面,由於台灣海峽上空有一西風槽,因此台灣東部吹西南風,至16日1800GMT,該西風槽減弱,台灣東部的西南風亦告消失。此時有一氣旋渦出現在綠島與花蓮中間(圖5b),用風速來判斷,此渦旋不斷增強,此渦旋有助氣流上升,引致降水。

300mb的情況與500mb情況相似,台灣海峽上空有一西風槽,所以台灣東部吹西南風,至16日1200GMT此槽減弱,同時在綠島與高雄間有一反氣旋產生,不過這是短暫的,至16日2100GMT花蓮和它以南地區吹西南風。至17日0000GMT綠島與花蓮間出現一氣旋性輻合。

在研究時間內,200mb上台東部地區是吹西南風,不過在17日0000GMT時,有一氣旋在綠島與花蓮間形成。

總結高空氣流,西南風把由對流引致的上升氣流吹離台灣,達成一輻散機制,有助降水。但是到了研究時間末期,500mb渦旋發展至300和200mb層面,這高空氣旋壓制上升氣流,故亦抑

壓降水。

### 三、雷達回波分析

這裡所用的是綠島上的10cm類比雷達,回波強度可以利用調整衰減強度來判斷。在研究時間開始時,降水系統包括了一中尺度對流系統,並於其東南方有一窄雨帶,這些情況可以根據PPI(圖6a)和RHI(圖6b)觀察出來。利用衰減調整,可以觀察到降水系統內有幾個較強區域,雷達回波強度超過18dbz, RHI顯示對流細胞高度超過14KM高。

在此系統東南方的窄雨帶很快消失,至16日1900GMT時已經不存在。中尺度對流系統則有較長的生命,雖然在16日1830GMT時開始減弱,但是仍然顯著,但當高空氣旋產生後,上升氣流受此氣旋壓制,故此對流細胞再度減弱,至17日0000GMT,已經消失。

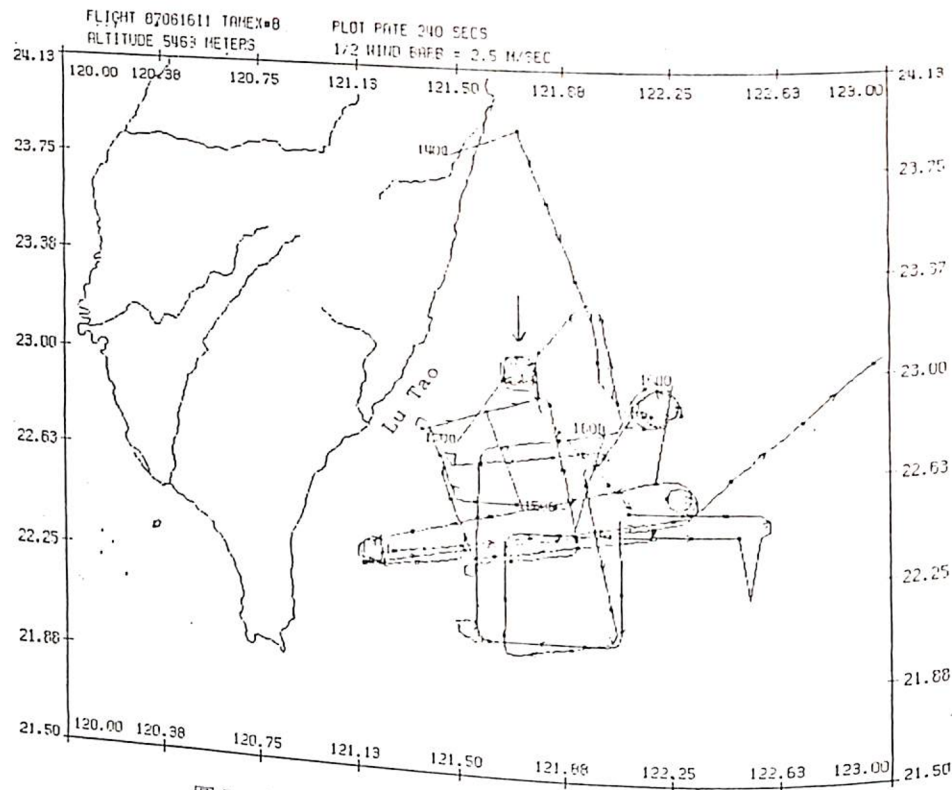


圖7 WP-3D 於 TAMEX IOP-102 之飛行軌跡，箭頭所指處為探空區域

四、雲粒子資料分析

TAMEX IOP-10a WP-3D飛機飛行路線如圖7所示。吾人將分析飛行期間利用 2D-C 和 2D-P 兩種儀器所測量的雲粒子資料，並選定 1987

年6月16日 16 40 00 GMT 至 17 15 00 GMT 間飛機進行垂直探空飛行時資料分析。圖 8 a - f 顯示當時探空路線(圖 8 a)，溫度和露點溫度(圖 8 b)，液態水含量(圖 8 c)，水平風向(圖 8 d)，水平風速(圖 8 e)與垂直速度(圖 8 f)等之

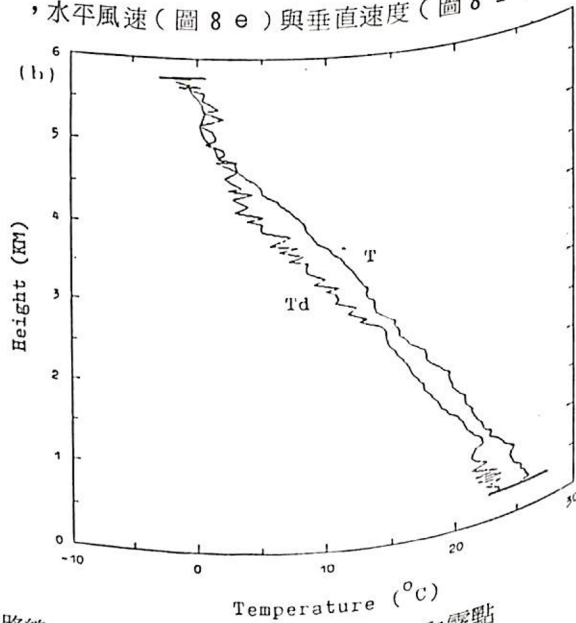
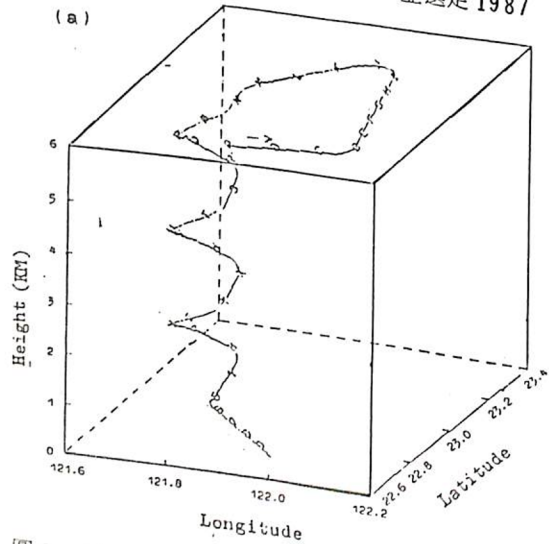


圖8 (a) 6月16日 164000 至 171500 GMT 飛機飛行路線，每一分鐘間隔做一符號 (b) 溫度和露點溫度垂直剖面

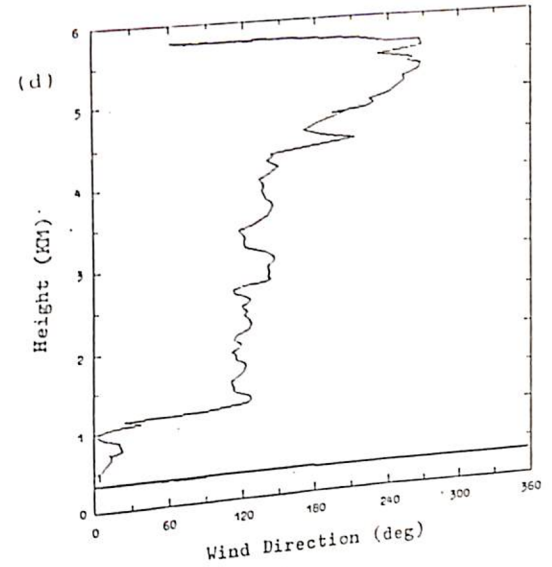
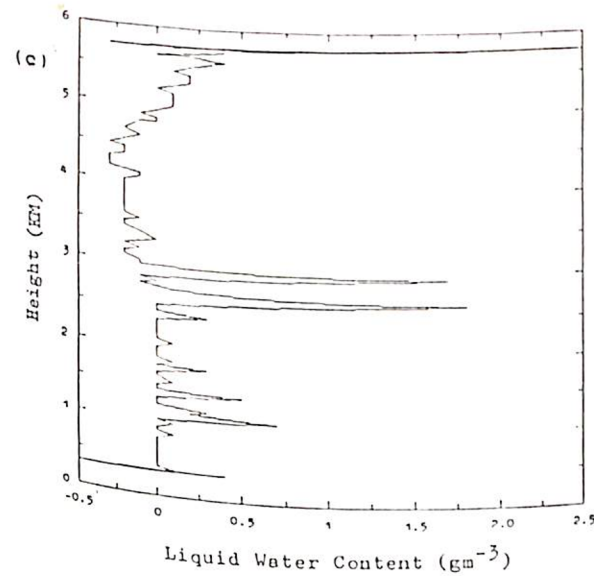


圖8 (續) (c) 液態水含量, (d) 水平風向

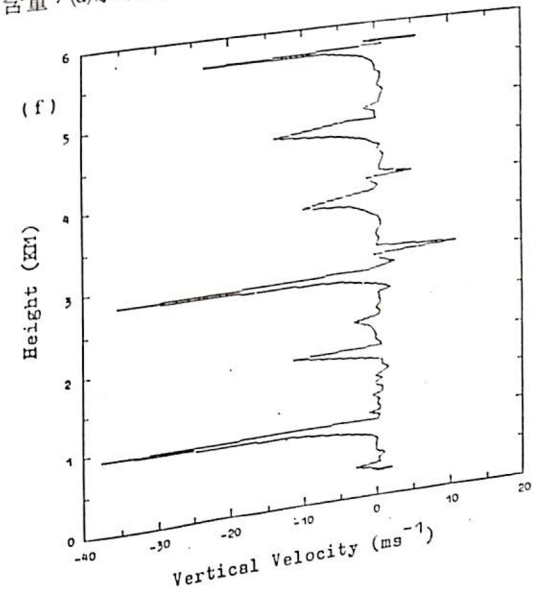
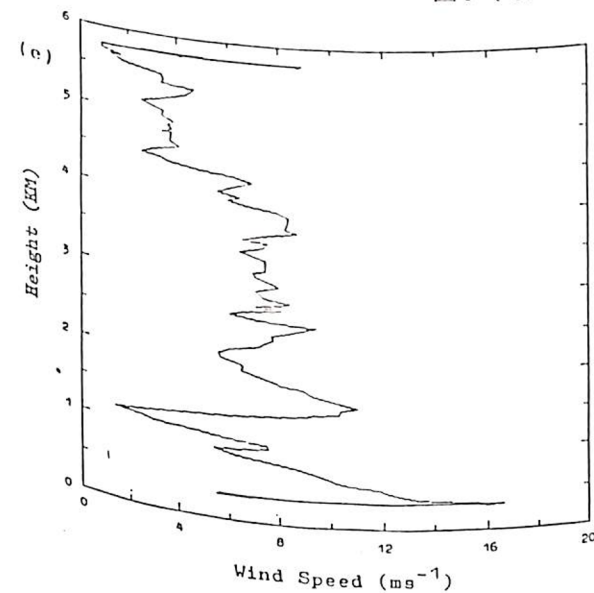


圖8 (續) (e) 風速, (f) 垂直速度

垂直剖面。明顯地，165320 GMT 之前飛機停留於結冰層(0°C, 5.5 KM)以上，而後才飛入暖雨區域。

圖9顯示所觀測雲粒子的2維影像，本文採用 Heymsfield and Parrish(1978)所提出的分析技術和 Parrish and Heymsfield (1987) 冰相分類方法。圖10顯示於結冰層以上，每一分鐘時間間隔內不同大小雲粒子的數量分佈圖。表1內列出不同雲粒子數量變化情況，並由於

空氣中液態水含量較低，可發現未結霜的雪片出現。於結冰層以下，所有雲粒子被想像成是水滴，圖11顯示直徑為0.1Cm 大小的水滴數目最多，大多數水滴不是球狀的，而是不規則形狀。空氣中液態水含量很低，如果忽略粒子冰相或液相特徵，結冰層以上和以下的雲粒子數量分佈圖是很相近的，這樣的現象說明所觀測到的雲粒子，源自於高層經過結冰狀態過程形成的粒子。這項發現符合飛機探空是在 MCS 雲砧下進行的事實。

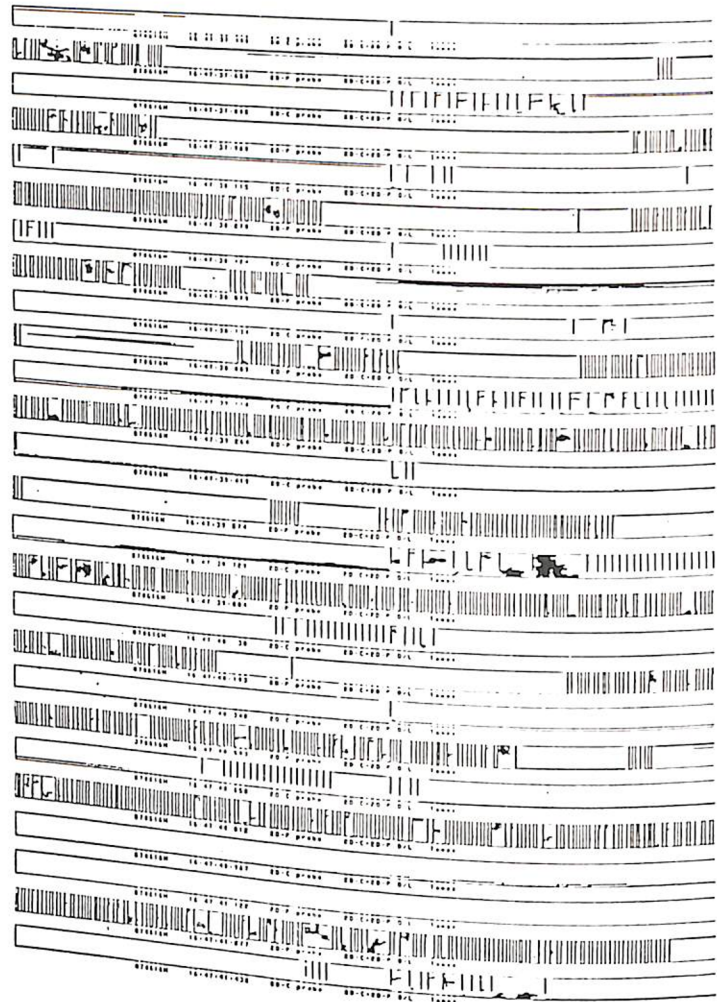


圖9 觀測雲粒子之二維影像

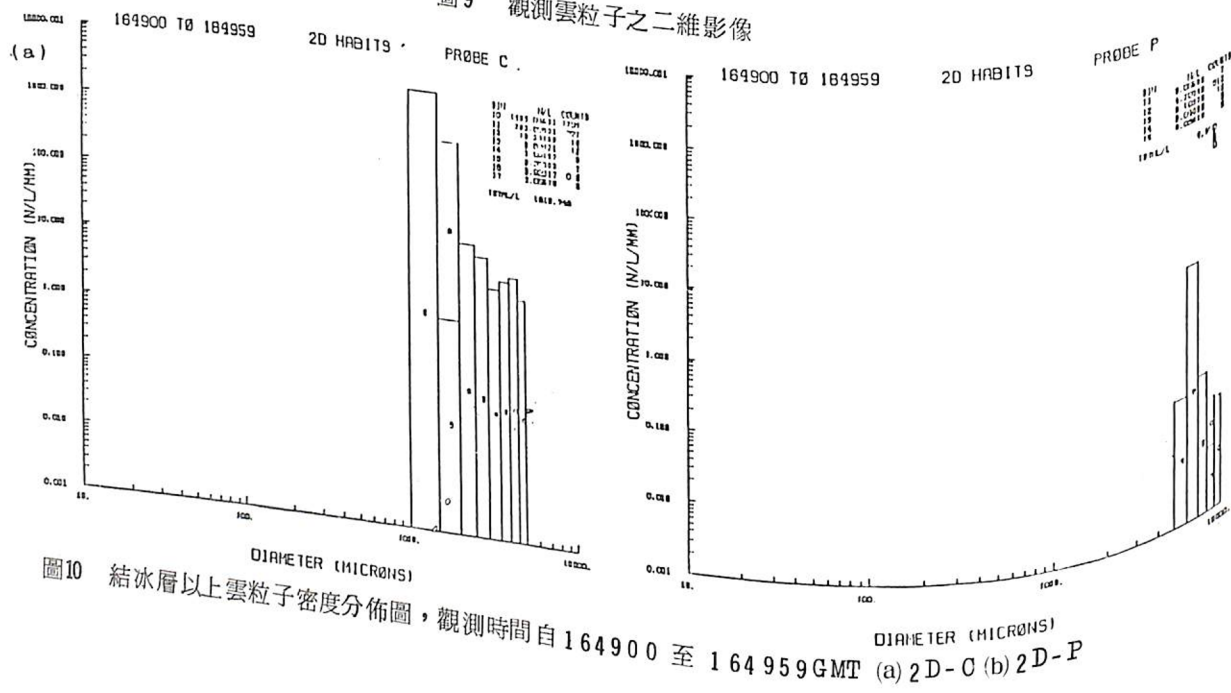


圖10 結冰層以上雲粒子密度分佈圖，觀測時間自164900至164959GMT (a) 2D-C (b) 2D-P

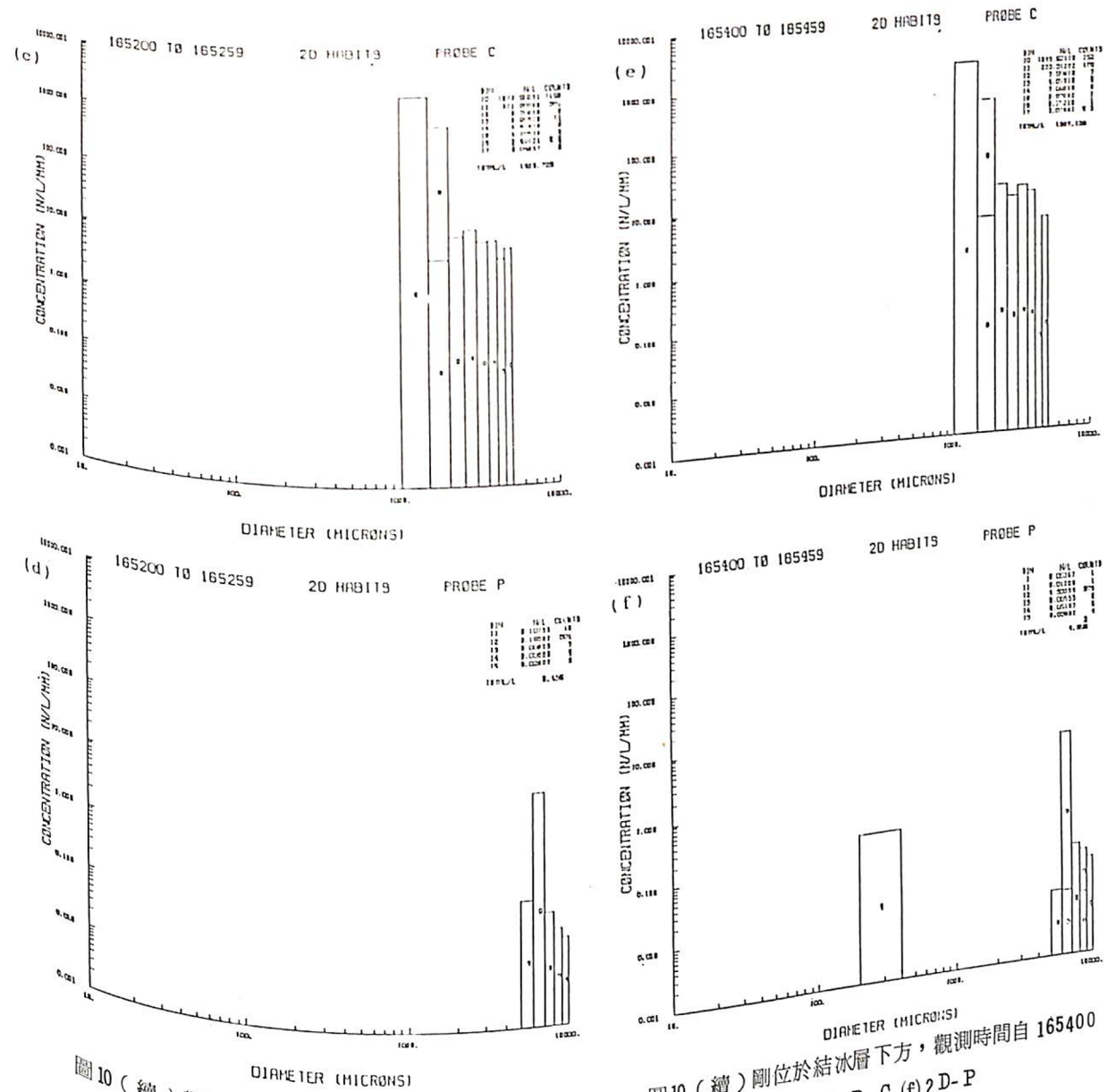


圖10 (續) 觀測時間自165200至165259GMT (c) 2D-C (d) 2D-P

圖10 (續) 剛位於結冰層下方，觀測時間自165400至165459 (e) 2D-C (f) 2D-P

在表1 a中，第10類的雲粒子（直徑範圍為0.1—0.15CM）在結冰層以下的數目是在結冰層以上數目的2至3倍（16.5400GMT以後），而12—17類的雲粒子（171100GMT以後包括11類）

於結冰層以下的數目則較結冰層以上為少，顯示暖雨區域中經由碰撞而使大粒子變為小粒子過程是很顯著的。

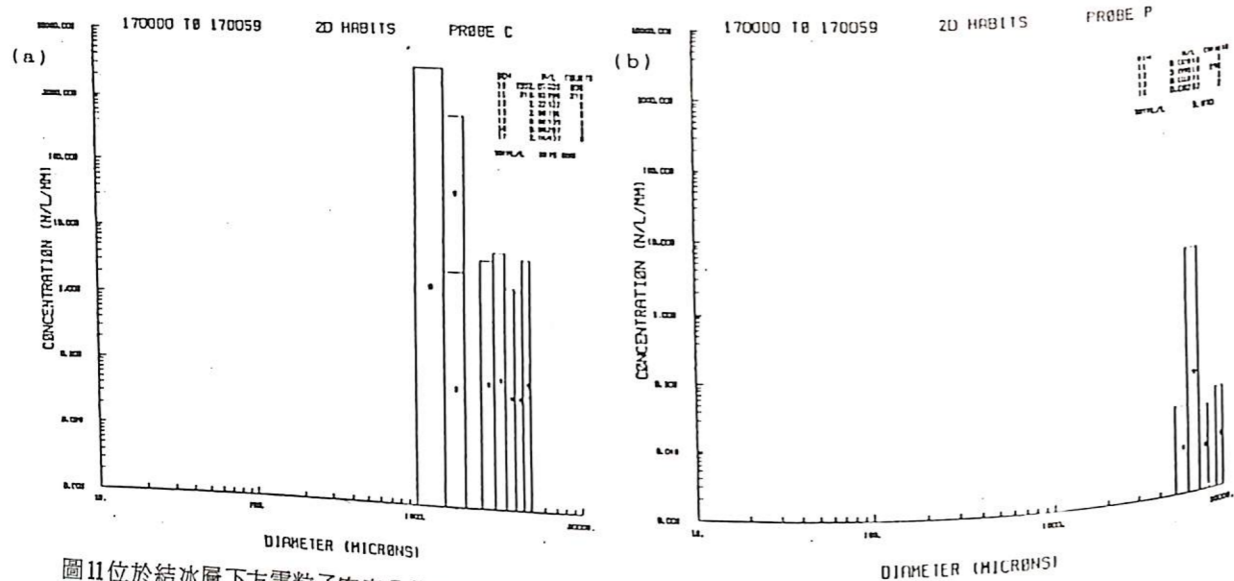


圖11位於結冰層下方雲粒子密度分佈圖，觀測時間自170000至170059 GMT (a) 2D-C (b) 2D-P

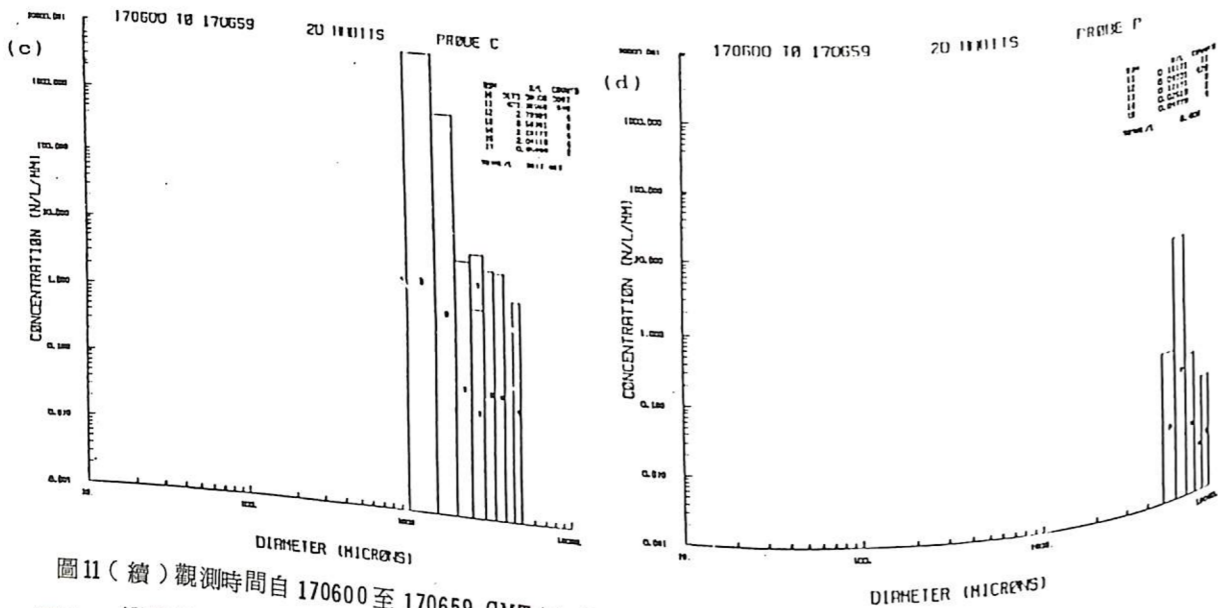


圖11(續)觀測時間自170600至170659 GMT (c) 2D-C (d) 2D-P

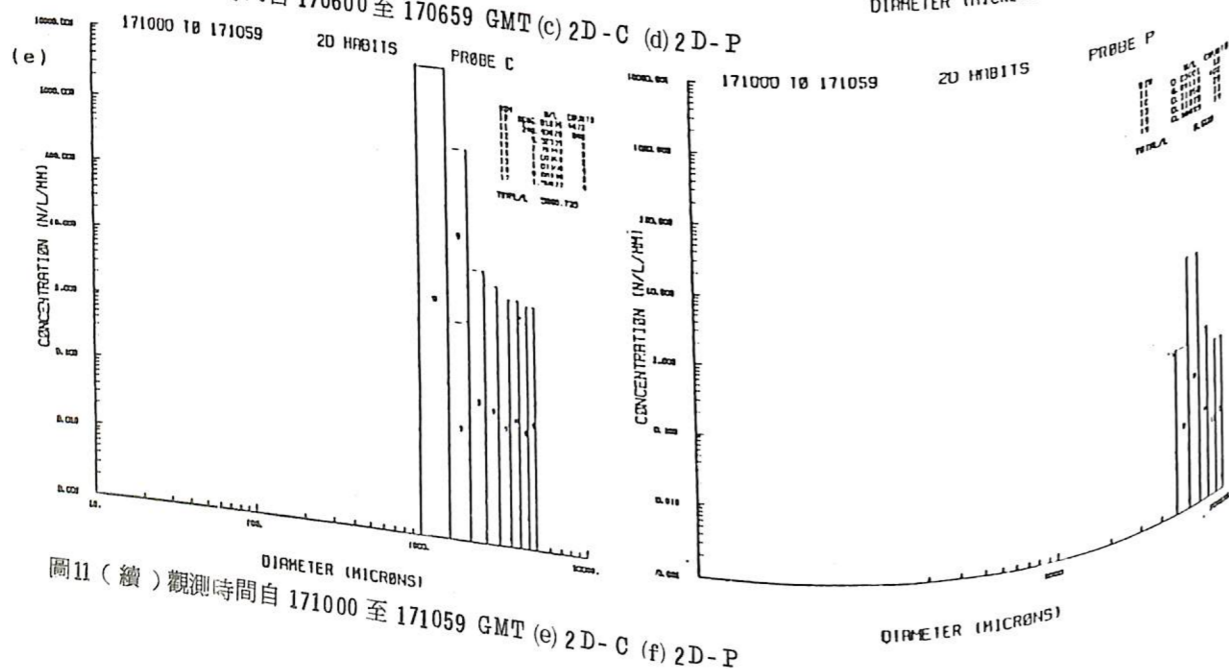


圖11(續)觀測時間自171000至171059 GMT (e) 2D-C (f) 2D-P

表1 a: 用2D-C觀測雲粒子數量分佈(粒·cm<sup>-3</sup>)的變化。  
在括弧內的是未結霜雪片的數量分佈

GMT	Bin diameter range (cm)	10 0.1-0.15	11 0.15-0.2	12 0.2-0.25	13 0.25-0.3	14 0.3-0.35	15 0.35-0.4	16 0.4-0.45	17 0.45-0.5
164200 -		1210	307.8	11.1	13.6	6.2	7.0	3.8	0.
164259			(34.4)						
164300 -		1709	318.5	11.1	8.6	4.0	7.7	5.3	3.1
164359			(29.5)	(2.9)	(1.3)				
164800 -		1367	282.5	9.7	4.4	2.9	0.9	1.7	4.6
164859									
164900 -		1334	284.6	13.0	9.1	7.3	4.1	5.1	2.2
164959			(0.8)						
165000 -		1486	295.9	10.2	0.8	2.6	3.4	3.9	2.1
165059			(0.8)						
165100 -		1092	342.3	6.4	8.9	6.9	4.2	3.9	2.7
165159			(1.0)						
165200 -		1129	401.2	13.9	6.9	6.3	3.7	3.4	4.4
165259			(2.4)						
165300 -		1074	322.0	5.7	7.0	4.6	4.8	2.5	3.7
165359			(2.5)						
165400 -		1250	322.8	5.9	10.0	6.2	5.0	7.0	3.3
165459									
165500 -		1046	233.5	7.6	4.9	7.1	5.6	4.8	2.1
165559									
165800 -		915.3	181.6	2.7	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0
165859									
165900 -		1181.	333.7	5.3	1.8	4.2	1.6	2.2	2.0
165959									
170000 -		1383	355.8	0.	5.3	0.	0.	1.9	0.
170059									
170100 -		1553	313.8	0.	2.2	3.0	0.9	0.9	2.4
170159									
170200 -		2458	395.1	6.2	5.6	1.5	1.9	3.0	1.6
170259									
170300 -		2148	374.1	6.3	4.0	1.0	1.0	2.6	2.0
170359									
170400 -		1760	498.2	4.5	2.8	0.6	0.0	1.1	0.5
170459									
170500 -		2499	391.3	3.0	2.0	1.9	2.3	1.6	0.5
170559									
170600 -		2397	323.	3.1	2.1	1.3	0.0	1.1	1.0
170659									
170700 -		3174	427.4	2.8	3.6	2.2	2.0	0.0	0.9
170759									
170800 -		2532	452.6	2.1	1.3	2.3	1.1	1.5	0.5
170859									
170900 -		2418	436.1	1.3	0.6	0.6	1.0	0.4	0.8
170959									
171000 -		3347	285.9	2.0	4.3	3.9	2.6	1.4	0.4
171059									
171100 -		3596	260.4	4.3	2.8	1.0	1.9	0.9	1.6
171159									
171200 -		4274	293.6	6.27	2.2	1.0	2.8	1.8	1.6
171259									
171300 -		4012	271.4	9.3	3.5	9.0	4.6	1.2	3.2
171359									
171400 -		3218	272.7	6.8	3.6	1.4	1.3	1.2	0.4
171459									
171500 -		3910	181.4	2.8	2.0	2.2	1.6	0.0	1.4
171559									

參考文獻

表1b：用2D-P觀測雲粒子數量分佈( # · cm<sup>-3</sup> )  
的變化。在括弧內的是未結霜雪片的數量分佈

Chen, G.T.-J., and C.-Y. Tsay, 1978: A synoptic case study of Mei-Yu near Taiwan, *Pap. Meteor. Res.*, 1, 25-36.

Heymsfield, A.J. and J.L. Parrish, 1978: A computational technique for increasing the effective sampling volume of the PMS two-dimensional particle size spectrometer. *J. Appl. Meteor.*, 11, 1566-1572.

Parrish, J.L. and A.J. Heymsfield, 1987: An interactive system for processing and editing PMS 2-dimensional imaging probe data using a touch screen terminal. National Center for Atmospheric Research.

GMT	Din diameter range (cm)		11	12	13	14	15
	0.5-0.6	0.7-0.8	0.6-0.7	0.7-0.8	0.8-0.9	0.9-1.0	1.0-1.1
164200 - 164259	0.0	2.18		0.02		0.13	0.04
164300 - 164359	0.05	2.69 (0.008)		0.12		0.05	0.08
164800 - 164859	0.11	4.74		0.03		0.04	0.03
164900 - 164959	0.05	4.21		0.07		0.09	0.09
165000 - 165059	0.07	4.70		0.14		0.04 (0.008)	0.04
165100 - 165159	0.04	5.91		0.05		0.06	0.04
165200 - 165259	0.14	5.76		0.07 (0.008)		0.06	0.06
165300 - 165359	0.18	5.20		0.07		0.04	0.03
165400 - 165459	0.13	30.04		0.17		0.05	0.08
165500 - 165559	0.01	4.33		0.07		0.05	0.04
165800 - 165859	0.03	3.94		0.0		0.0	0.03
165900 - 165959	0.01	3.84		0.02		0.01	0.01
170000 - 170059	0.05	4.29		0.		0.04	0.
170100 - 170159	0.02	3.90		0.02		0.0	0.03
170200 - 170259	0.0	7.76		0.02		0.03	0.03
170300 - 170359	0.09	15.75		0.16		0.11	0.06
170400 - 170459	0.03	3.82		0.01		0.0	0.01
170500 - 170559	0.06	5.98		0.05		0.0	0.02
170600 - 170659	0.11	7.29		0.09		0.05	0.08
170700 - 170759	0.16	6.05		0.12		0.03	0.06
170800 - 170859	0.13	3.73		6.07		0.04	0.04
170900 - 170959	0.17	4.72		0.10		0.09	0.05
171000 - 171059	0.08	3.96		0.03		0.03	0.05
171100 - 171159	0.23	4.69		0.32		0.11	0.17
171200 - 171259	0.28	3.56		0.22		0.10	0.10
171300 - 171359	0.30	4.27		0.19		0.07	0.04
171400 - 171459	0.27	4.27		0.17		0.08	0.15
171500 - 171559	0.07	3.39		0.20		0.09	0.07