

# 觀音地區海風特性之分析

張隆男 呂世宗 陳景森

林松錦 林沛練 周思運 黃國益

國立中央大學大氣物理系

## 摘 要

海風對局部地區氣象特性的影響早已為人類所注意，近年來之研究則更注意海風對沿海地區污染物的輸送與擴散的影響，然而台灣地區對於海風垂直結構之分析至今仍很缺乏，因此中央大學大氣物理系在 76 年 7 月 17 日至 8 月 5 日之間在觀音海邊工業區內進行觀測，並分析挑選海風較明顯的日子，探討午後海風的垂直結構，同時將觀測到的地面氣象要素與中正機場及台北測站相比較，以探討三個地點地面風場特性之異同。

分析結果顯示，觀音地區在上述觀測時間內，海風的垂直結構可分為三層。近地層為入侵海風的邊界層，厚度約為 300~400m，風向以西風為主，但可有偏北或偏南的風向出現。位溫除近地層外垂直之分佈相當均勻。中間一層為海風迴流部分，厚度約 400~800m，位溫隨高度緩慢增加。最上面一層為環境風場部分，位溫隨高度增加較快，另外由觀音、中正機場及台北地面風的比較可知，濱海地區的地面風場與台北的地面風場特性差異很大，即使同是濱海測站的觀音與中正機場，海風風向亦不盡相同，主要原因是因為觀音西北、西、西南皆臨海，而中正機場的西北及北臨海。

## 一、引 言

海陸風環流乃由於海陸差異加熱效應所產生的一種力管環流現象，這種局部的中尺度大氣現象，早為人類所注意，例如古代漁民便知利用夜間陸風出海捕魚，而於第二天藉海風返航。另外海風對局部雷雨天氣的觸發，以及對污染物傳輸之影響，近年來已逐漸引起研究人員的注意。

海風之觀測，已有相當長的歷史，然而真正有系統，具規模之觀測，則在本世紀中葉以後。早在 1953 年 David Atlas 即利用改良之 APS-34 雷達來偵測美國麻州東南沿灣之海風 (Atlas, 1963)。至於

利用探空氣球，架設觀測網觀測海陸風環流者亦不乏其人，如較為人熟知的 Fisher (1960)、Frizzola and Fisher (1963) 等。由他們的觀測分析發現：在中緯地區，海風水平最大風速可達  $10\text{msec}^{-1}$  且在 300m 以下，海風厚度約 1000m，而且深入內陸 30-50 km。其次當大尺度天氣系統沒有擾動或變化很慢時，海風鋒面經過時，相對濕度急劇上升百分之 10 至 30，海風鋒面移動之平均速度為 7mph。比較完整的海陸風觀測是由 Hsu (1970) 在德州海岸所做的系列觀測，他的分析結果可以歸納如下：(1)海風或陸風總是最先發生在海岸，而且最後也是在海岸附近消失。陸風通常較弱，而且只出現在清晨 3 點至

8 點之間。(2)最強的海風發生在下午 3 點左右，厚度 3 km，水平延伸 100 km，平均速度 6 m / sec，回流 3 m / sec。(3)最成熟之陸風發生於清晨 6 點，厚度 2 km，水平延伸與海風同，但陸地部分佔了百分之 60。(4)海風鋒面處，為最強輻合區，當海風鋒面通過測站時可以觀測到：溫度下降 5 °F，相對濕度先下降 7 %再上升 14 %，風向呈順鐘向轉 180°。

有關海風鋒面或湖風鋒面之特性，歷年來研究者不乏其人，場觀測有 Simpson et al ( 1977 )，Keen and Lyons ( 1978 )，Ogawa et al ( 1986 )等，利用水槽實驗研究者有：Simpson and Britter ( 1980 )以及Mitsumoto et al ( 1983 )等，另外Estoque ( 1961 )，Pearson ( 1973 ) Kondo and Gambo ( 1979 )等人則先後進行以數值模擬之研究。

Nakane and Sasano ( 1986 )利用高解析 Lidar 之觀測分析發現海風厚度約 300m，海風鋒面前緣向上延伸可達 1300m，500m以下鋒面與地面之夾角約 45°，500m至 1000m之間約 14°，1000m以上則為 6°左右，海風鋒面前進之速度為 3.3 m / s，海風與環境風場之風向與風速分別為 ENE、8 m / s 及 WNW、5 m / s，鋒面內外之密度相對差值約為 0.58 %。Ogawa et al ( 1986 )以及 Nakane and Sasano ( 1986 )等學者之分析均強調海風邊界層之結構可分為內流（低層吹向陸地）之海風（I）、海風回流（II）以及環境風場（III）等三個區域。海風前緣之頂部，回流前緣之頂部以及環境空氣均會有逆溫之現象出現，而在逆溫層中污染物通常會存在極大之濃度梯度。

爲了了解中壢觀音工業區局部環流之特性，中央大學大氣物理系師生於 76 年 7 月 17 日至 8 月 5 日之間在工業區內進行地面氣象要素，污染物濃度以及風場，溫濕度場垂直分佈之觀測，本文擬就該次之觀測資料，對該地區海風之特性加以探討。並且收集中正機場與台北測站同段時間之觀測資料加以分析比較。

## 二、天氣形態

7 月 18 日 8 時非島東方之熱帶低壓於稍後之時間形成費南颶風，9 日 8 時之位置如圖 1 所示，約在

126.5 E 及 15°N 處，此颶風在 21 日從台灣東部通過，然後一路北上。台灣地區 18 日至 20 日之間大致上都處於微弱的南來綜觀尺度氣流之籠罩下，20 日傍晚至 21 日傍晚，實驗區受到費南颶風環流直接之影響，低層都出現偏東之風場，22 日費南颶風向北遠颶，同時西南氣流轉強（圖 2），23 日鋒面從朝鮮半島向西南延伸到華南，台灣區持續處在鋒前西南氣流中（圖 3）。而 24 日生成於菲島東方海面之亞力士颶風於 26 日逼近台灣，實驗區從 26 日清晨開始受亞力士颶風之影響，低層再次出現偏東之風系。

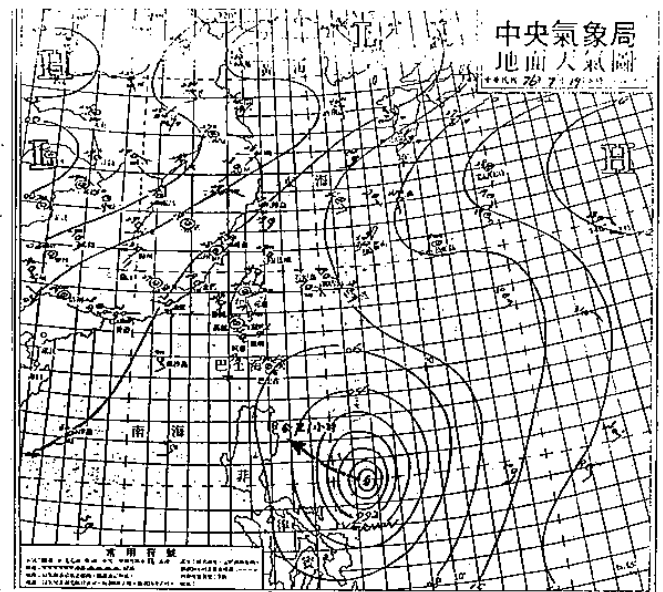


圖 1 76 年 7 月 19 日 0800 L 地面天氣圖

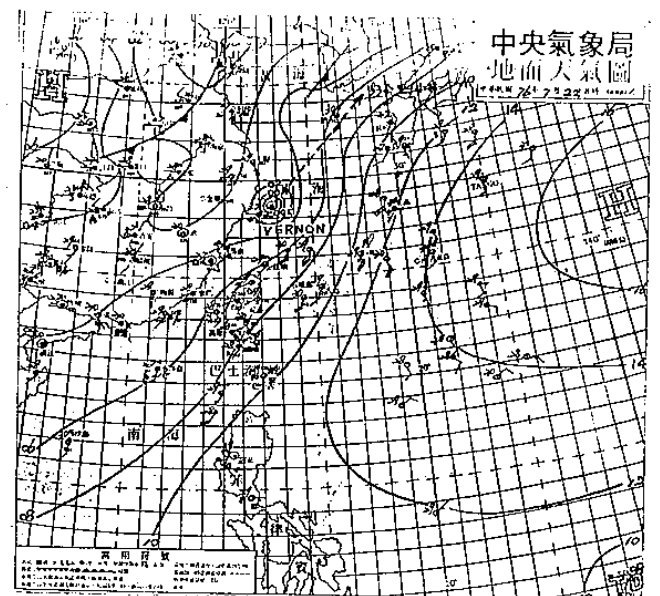


圖 2 76 年 7 月 22 日 0800 L 地面天氣圖

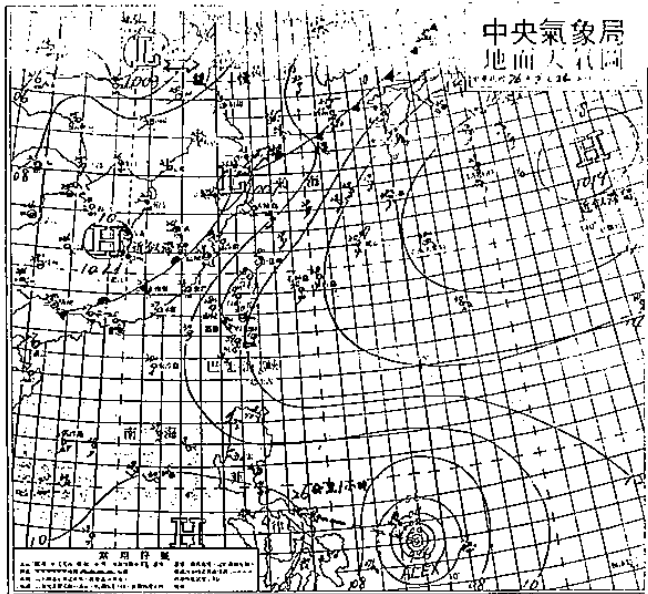


圖 3 76年7月24日0800L地面天氣圖

### 三、地面風場分析

圖 4 是觀測地點觀音工業區所在的位置圖，該圖中亦可看出中正機場所在的相對位置。爲了了解觀測期間觀音、中正機場以及台北（中央氣象局）三個觀測地點地面風場之變化，我們以風玫瑰圖之形式來表示三個測站在不同日期風向，風速逐時之變化。圖中數字表示地方時。數字離圓心之距離表示風速。圖 5 爲三個測站在 76 年 7 月 18 日、19 日、20 日、22 日、23 日以及 24 日的風向風速圖，從圖中我們可以看出除了 20 日之外台北與觀音或中正機場的風向相差很大，主要原因是觀音，中正機場位於海邊，而台北位於盆地中間。

中正機場與觀音的風向分佈，除了 18、19、20、23、24 日的白天外其餘皆相當一致，白天風向的相差，主要的原因應該是觀音的西北面，西面皆是海洋，而中正機場只有西北面臨海，因此當綜觀尺度的盛行風不是很強時，兩地風向會因海風之侵入而有很大的差異，這種情形尤以 18 日及 19 日特別明顯。

18 日 10 點～17 點 之間中正機場吹偏北北西風，而觀音吹偏西風，觀音從 10 點到 16 點皆爲西北風，風速在 12～13 時最大，約 3.7 m / sec 左右，18 點之後轉爲東南風，風向劇變時曾有 6.2 m / sec 的陣風出現。中正機場之風向也在 18 時由西北風劇變爲

東南風，而且亦曾出現 8 m / sec 之陣風，由風向之變化可以看出 18 日海風之現象頗爲明顯，海風應是從 10 點左右持續到下午 5 點。

19 日中正機場在 10～18 點間吹西北風，12～16 時中正最大風超過 10 NT。觀音在 10 點～17 點之間平均風速皆超過 7 NT，陣風超過 10 NT，最大之陣風曾達 15 NT 出現在 12：30 左右。

20 日白天觀音及中正機場海風依然明顯，觀音之風向較中正機場之風向偏西風，而兩測站於 11 點至 15 點之間皆有超過 6 m / sec 之陣風出現，平均風速也都在 7 NT 以上，晚間 19 點之後受費南颱風逼近之影響，東北風逐漸加強。

22 日由於費南向北遠颶而給台灣區引進強烈之西南氣流，雖然盛行風較強，但是白天海風對兩測站風向之影響仍然清楚可見，中正偏西南西風，觀音偏西南風。中正機場 10 點到 17 點之間平均風速均超過 15 NT，14、15 點更超過 20 NT，且有大於 30 NT 之陣風出現。觀音在 13：30～15：00 陣風都超過 30 NT，平均風也達 20 NT。

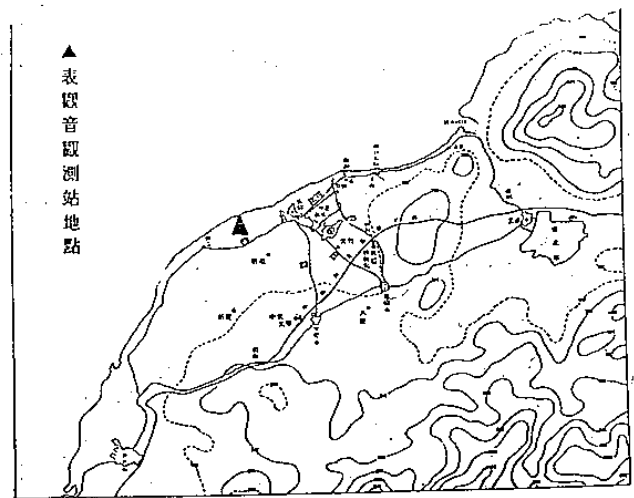


圖 4 觀測地點位置圖

23 日盛行風稍弱，中正機場白天的風向也在偏西南西到西北西風，觀音則集中在西南西風，中正機場 10：00～16：00 之間平均風超過 10 NT，陣風在 15 NT 以上（最大 18 NT），20 點之後陸風開始。觀音雖然 10：00～15：00 之間缺資料，但風向轉變之趨勢仍然可見。

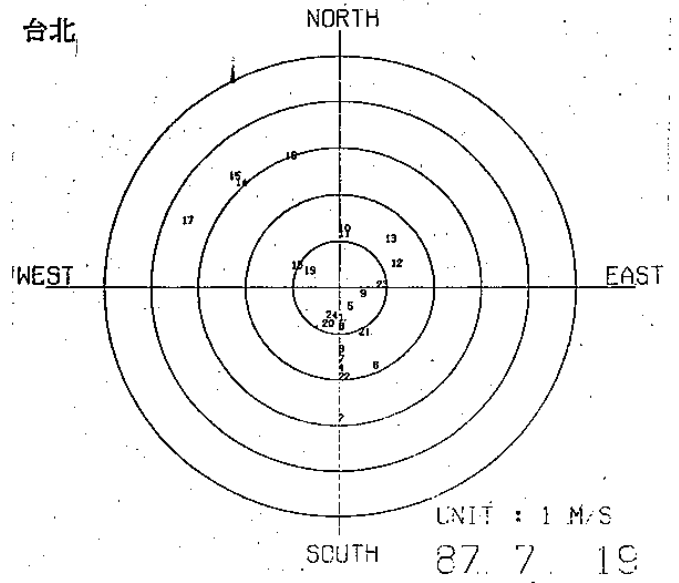
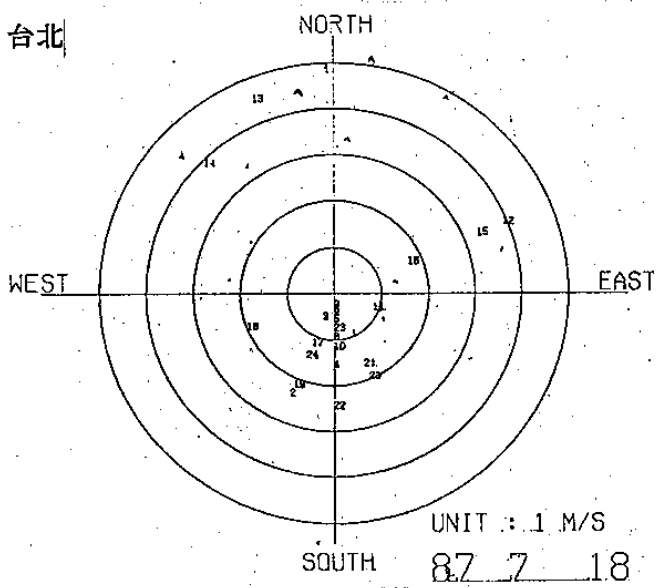
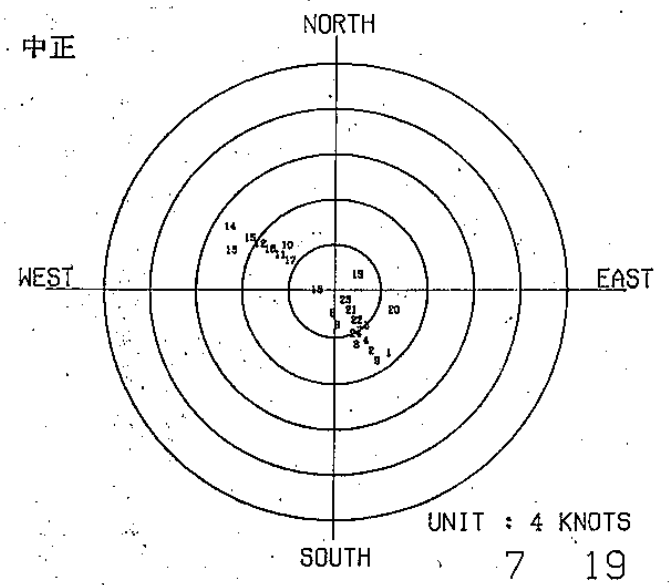
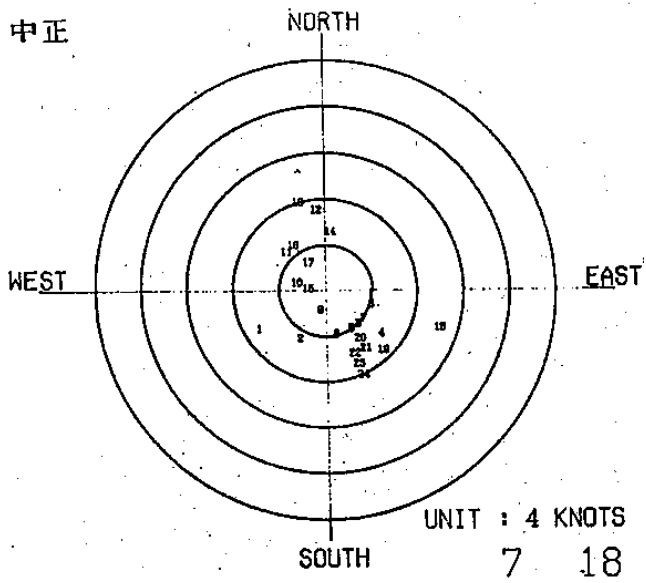
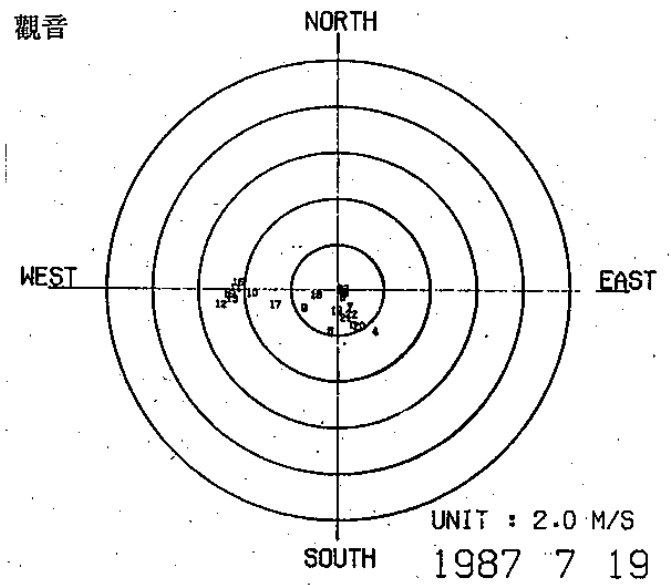
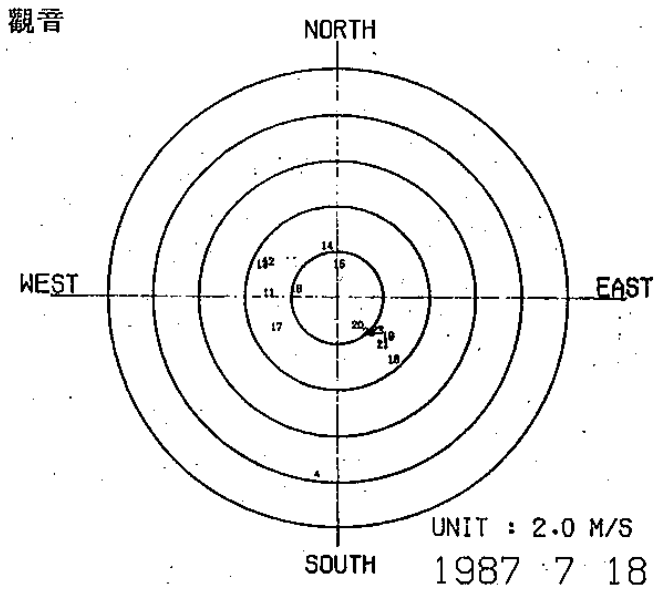


圖 5 a 76年7月18日觀音、中正機場以及台北地面風向變化圖

圖 5 b 76年7月19日觀音、中正機場以及台北地面風向變化圖

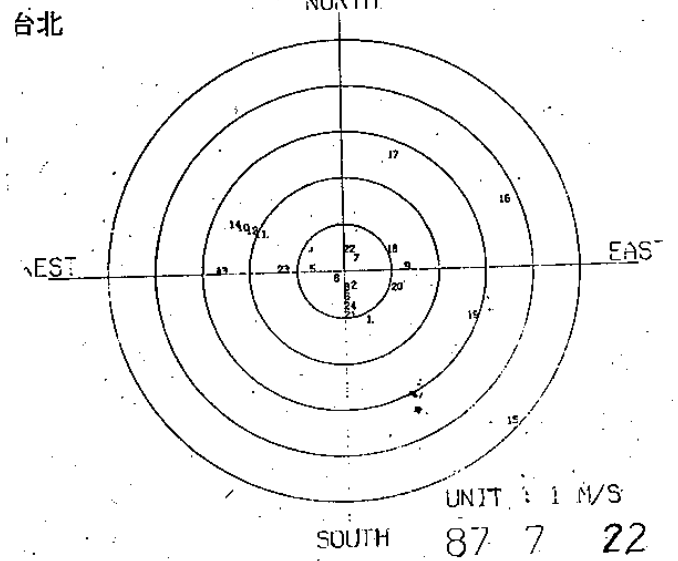
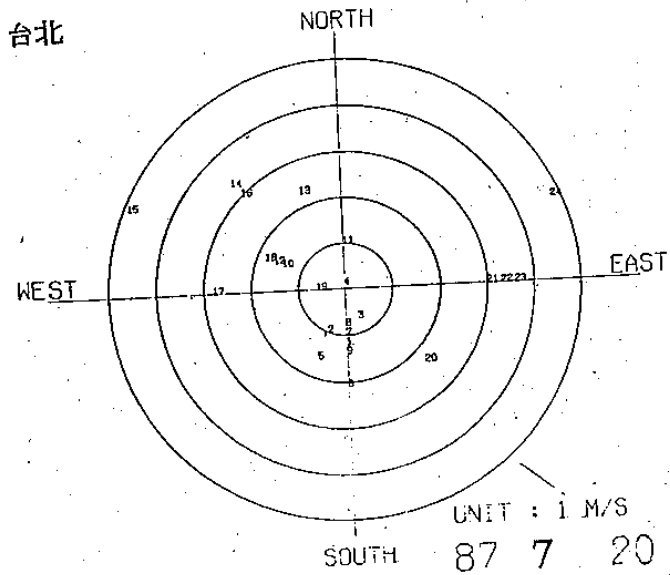
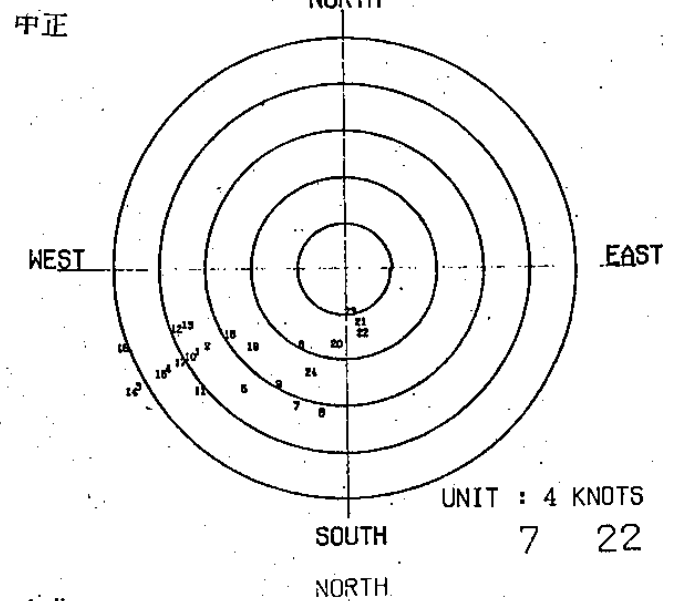
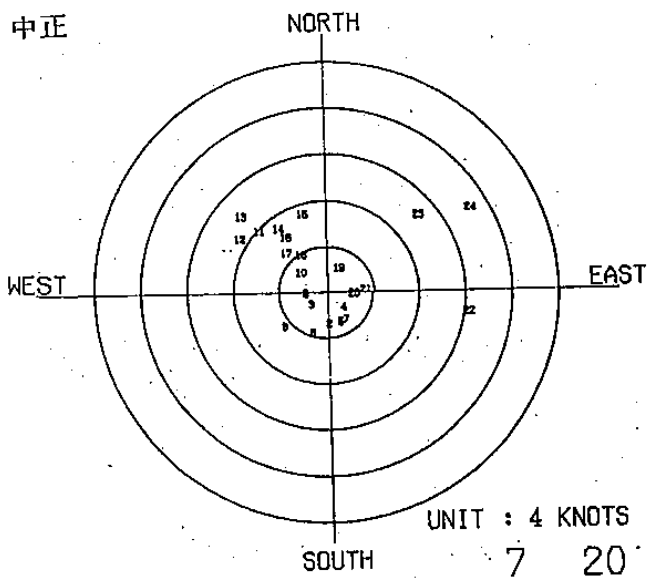
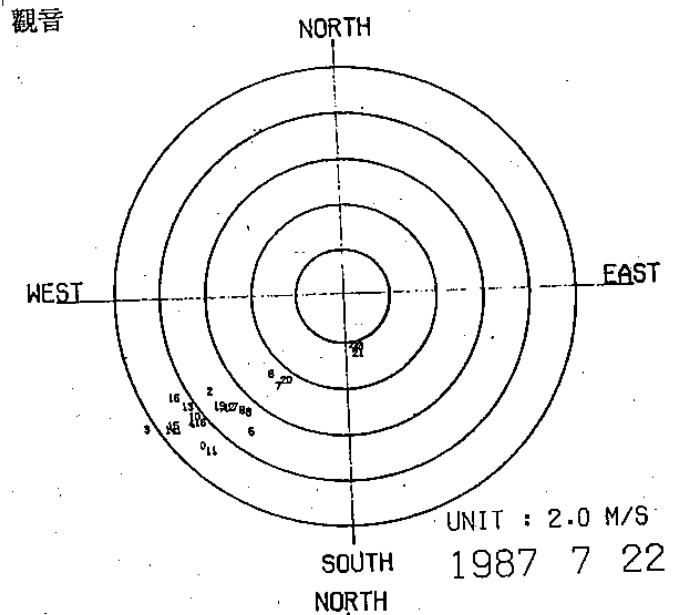
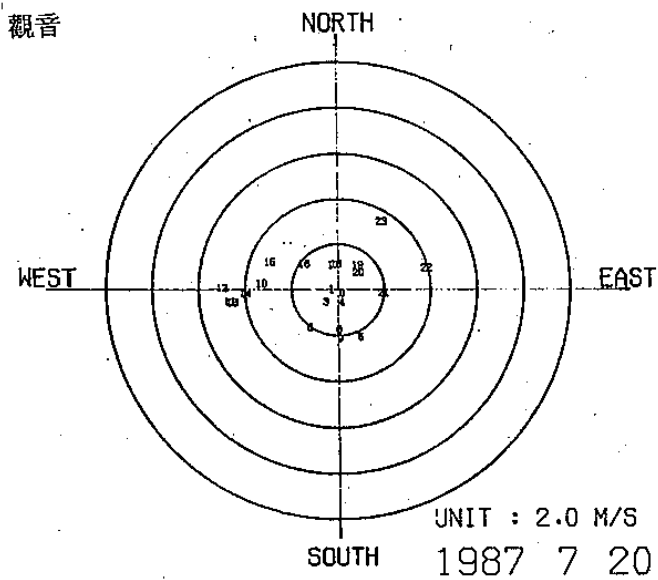


圖 5 c 76年7月20日觀音、中正機場以及台北地面風田變化圖

圖 5 d 76年7月22日觀音、中正機場以及台北地面風田變化圖

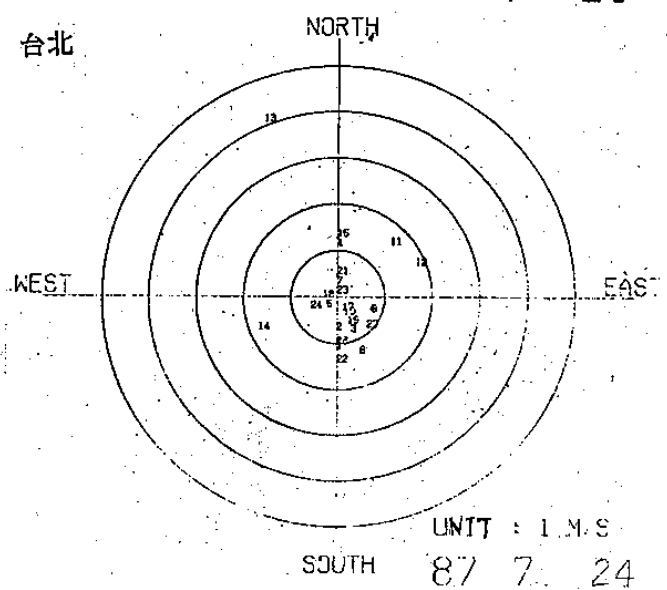
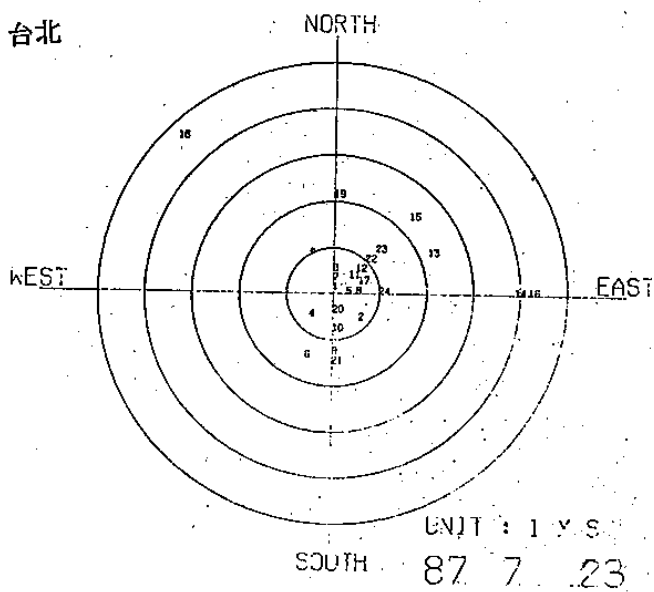
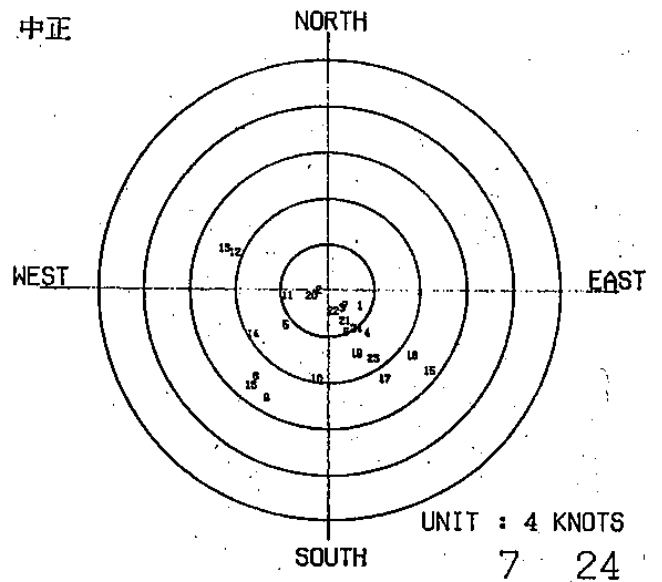
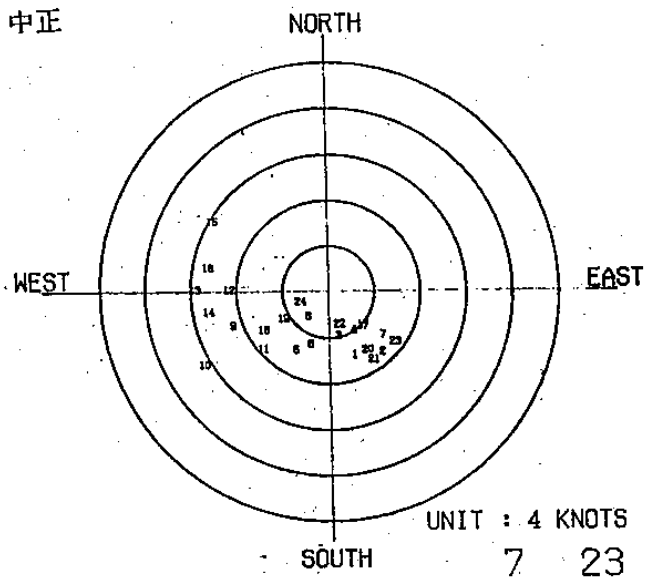
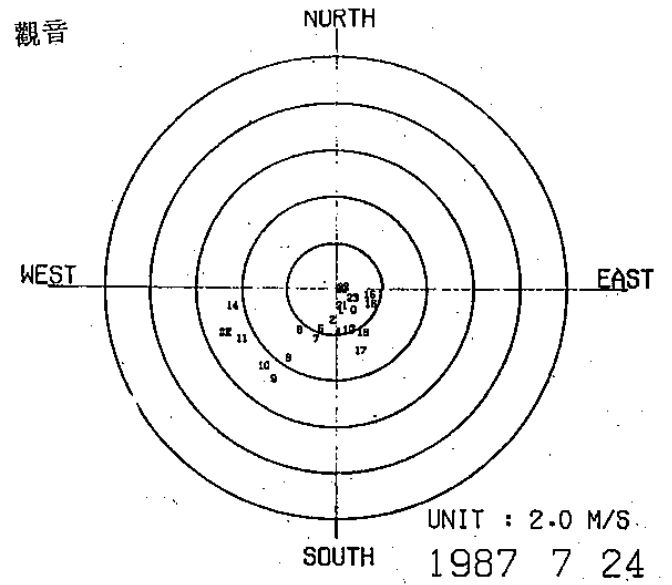
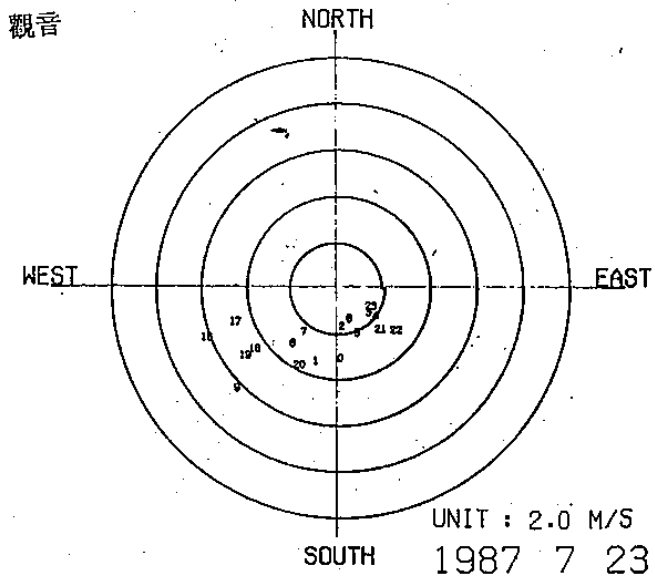


圖 5 e 76 年 7 月 23 日 觀音、中正機場以及台北地  
面風向變化圖

圖 5 f 76 年 7 月 24 日 觀音、中正機場以及台北地  
面風向變化圖

24日海風之影響於11點至14點間較明顯，在這段時間內中正機場之風向從西南西至西北西，觀音為西南西。15點之後兩站風向都轉為東南。8點~14點之間觀音風速均在7NT以上陣風達16NT。

綜合而言，海風現象在18、19、20、22、23、24等日子裏都很明顯，其特徵為日夜風向都有很明顯之變化。海風之風向約為西北風或西風，若南來盛行風較強，則海風可能隱藏於西南風之下。海風大約在每天10:00~18:00之間較明顯，海風入侵時，風速加大，陣風較強，中正機場之海風較偏西北風，觀音之海風較偏西北至西風。

#### 四、海風邊界層之結構

由地面風場之分析與中正機場風場之比較，我們可以看出實驗期間觀音工業區出現比較明顯海風現象的時間為18日、19日、20日、22日、23日以及24日的10點到18點之間。

以下我們想由海風入侵的時間內之探空來探討海風邊界層之結構。

18日只有間隔3小時的測風資料而缺探空，圖6為測風之時間序列，由此圖可以看出11點時海風之厚度（定為西或西北風分量出現之高度），已達200m，而14點時達500m，20點時及23時，可見東南陸風由地面逐次增高到200m。14點時風之垂直變化，由地面至450m為西北風，500m~650m為西風，700m以上為西南西風。

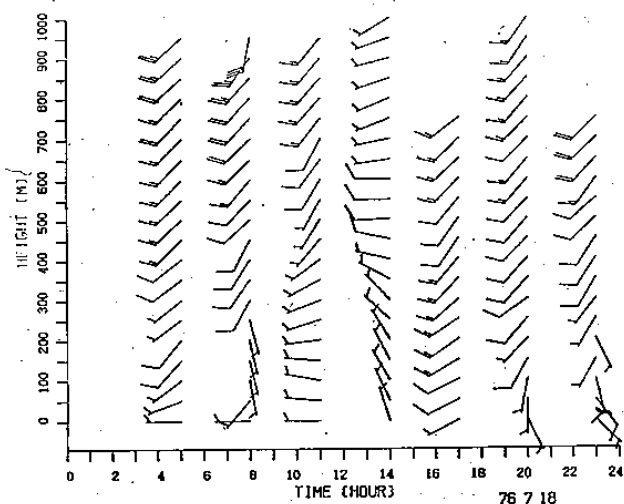


圖6 76年7月18日觀音測風時間序列

海風移到觀音測站後，位溫垂直分佈如圖7所示

19日16時的位溫分佈可以分為三部分：①混合層厚度約為400m，除近地層以外，混合層中的位溫垂直變化小，風場在250m處為 $266^\circ / 3.6\text{m/s}$ ，在400m處為 $259.1^\circ / 4.71\text{m/sec}$ ，整個混合層之風向除近地層外約在 $260^\circ \sim 266^\circ$ 之間。風速最強為 $4.6\text{m/sec}$ 。②400m~1000m之間，位溫隨高度增加，風向在 $250^\circ \sim 230^\circ$ ，風速從 $5.3\text{m/sec}$ 隨高度降至 $2.6\text{m/sec}$ 。③1,000m以上位溫隨高度之增加較和緩，風由1,250m之 $227^\circ / 1.8\text{m/sec}$ 變成1,600m之 $190^\circ / 3.26\text{m/s}$ 。板橋站8時及20時850mb之風場各為 $79^\circ / 1\text{ms}^{-1}$ 及 $198^\circ / 2\text{ms}^{-1}$ 。可見1,000m以上兩地之風場頗為近似。由上可知，海風邊界層垂直結構在大致上可分為三部分。低層為海風，中層為回流，高層為環境風場。

由11點、14點之測風分析，也可看出11點時海風約250m，回流約在300m~600m之間，600m以上為環境風場，14點時海風已達400m，回流在400~1000m，1000m以上為環境風場。

20日15:16探空所得之海風垂直結構亦可分為三部分：

- (一) 350m以下為混合層，風從50m的 $271.7^\circ / 4.3\text{m/sec}$ 到350m的 $287^\circ / 5.48\text{m/sec}$ ，變化和緩。
- (二) 350m~1200m，底部很穩定，位溫變化較大之後緩緩上升，風由400m之 $283.4^\circ / 5.15\text{m/s}$ ，轉變為950m之 $339^\circ / 4.3\text{m/sec}$ 。
- (三) 1200m以上位溫隨高度增加較大，即又存在一較穩定層，風場在1200m時為 $81.7^\circ / 1.49\text{m/sec}$ 與台北測站8時及20時之850mb風場 $76^\circ / 6\text{ms}^{-1}$ 及 $77^\circ / 6\text{ms}^{-1}$ 相近，應為環境風場。

22日14:47，雖然缺乏從300m到580m之間的探空資料，但海風的垂直結構亦可看出如下：

- (一) 300m以下位溫變化小，探空風場在208m為 $239^\circ / 5.7\text{ms}^{-1}$ 。
- (二) 300m~1100m位溫緩慢隨高度增加而風場在791m處為 $212^\circ / 5.5\text{m/s}$ 。
- (三) 1100m之後位溫變化較大，風在1395m處為 $215^\circ / 6.4\text{ms}^{-1}$ ，在1078m處為 $2230 / 6.3\text{m/s}$ 。

sec 與台北測站 8 及 20 時 850 mb  $217^\circ / 10\text{ms}^{-1}$  及  $229^\circ / 9\text{ms}^{-1}$  之風場接近。

23 日 14:20 海風垂直結構，大體上亦可分為三部分：

- (一) 250m 以下位溫變化小，風在 157m 處為  $238^\circ / 6.5\text{ms}^{-1}$ 。
- (二) 250m 到 700m 位溫隨高度緩慢增加，風在 322m 為  $228^\circ / 3.7\text{ms}^{-1}$ ，546m 處為  $213^\circ / 6.5\text{ms}^{-1}$ 。
- (三) 700m 以上位溫先增加大一點，再緩緩增加，風在 732m 為  $173^\circ / 5.4\text{ms}^{-1}$ ，在 929m 為  $87^\circ / 2.9\text{ms}^{-1}$ ，與台北板橋 14 時 850mb 風  $140^\circ / 4\text{ms}^{-1}$  相近。

24 日 14:30 海風垂直結構：

- (一) 380m 以下混合均勻，位溫變化小，風在 258m 為  $237^\circ / 6.3\text{ms}^{-1}$ 。
- (二) 380m 至 600m 位溫增加緩慢，428m 處風為  $227^\circ / 2.1\text{ms}^{-1}$ 。
- (三) 600m 以上位溫增加較快，風在 691m 為  $193^\circ / 4\text{ms}^{-1}$ 。

板橋 8 時及 20 時 850mb 的探空分別為  $260^\circ / 5\text{ms}^{-1}$  及  $77^\circ / 2\text{ms}^{-1}$ 。

綜合上述，海風邊界層之特性，似都可分為三部分，即低層海風（西北風、西風或西南風）內邊界層，位溫均勻分佈。中間層為迴流部分，位溫隨高度緩慢增加。上層為環境風場，位溫隨高度增加較快。此種結構與 Ogawa et al (1986) 以及 Nakane and Sasano (1986) 觀測之湖風及海風近似。

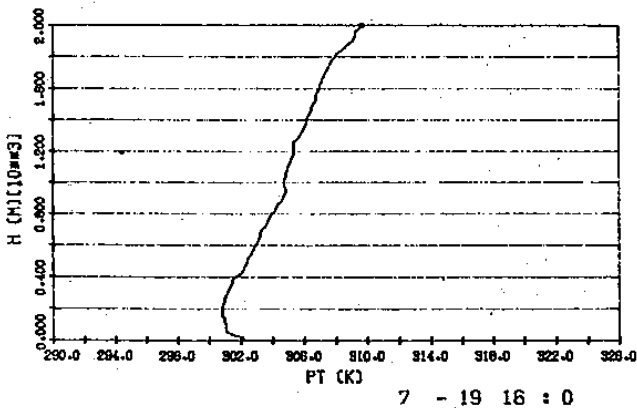


圖 7 a 76 年 7 月 19 日 16:00 觀音位溫垂直分佈

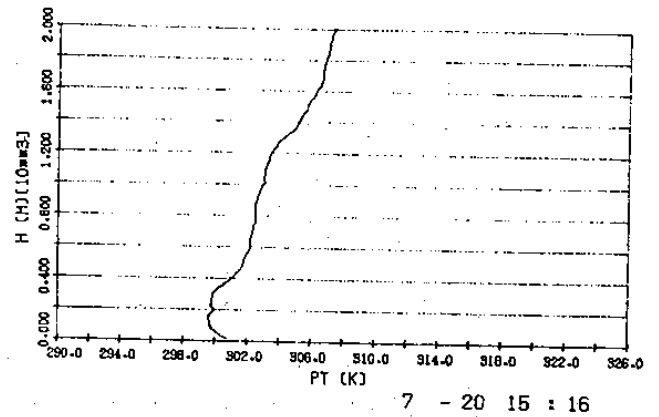


圖 7 b 76 年 7 月 20 日 15:16 觀音位溫垂直分佈

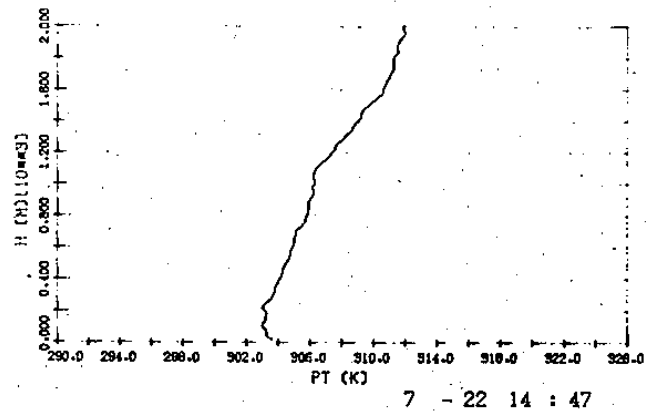


圖 7 c 76 年 7 月 22 日 14:47 觀音位溫垂直分佈

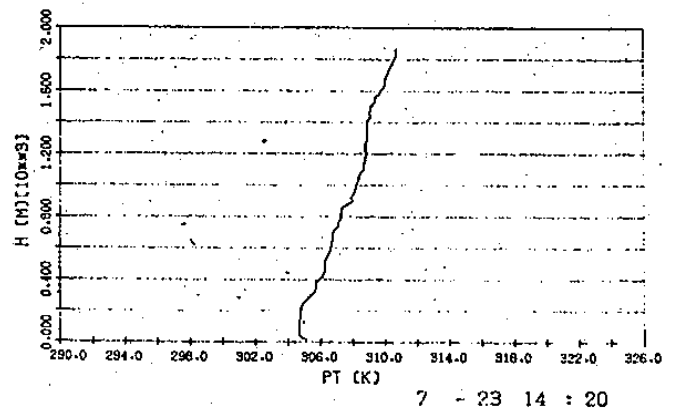


圖 7 d 76 年 7 月 23 日 14:20 觀音位溫垂直分佈

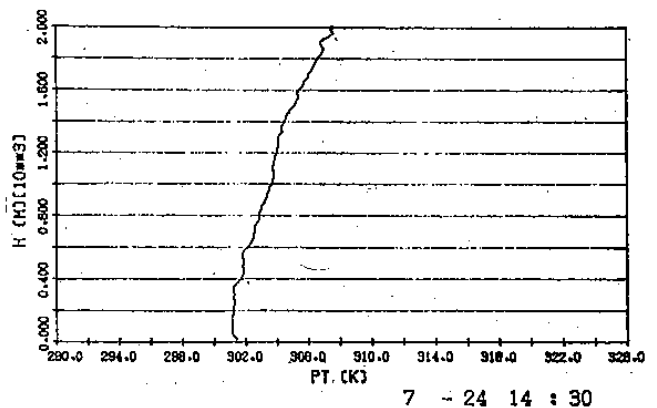


圖 7 e 76 年 7 月 24 日 14:30 觀音位溫垂直分佈



## 五、結 論

76年7月18日至24日之間，觀測分析結果顯示，觀音地區在上述觀測時間內，海風的垂直結構可分為三層。近地層為入侵海風的邊界層，厚度約為300~400m，風向以西風為主，但可有偏北或偏南的風向出現。位溫除近地層外，垂直之分佈相當均勻。中間一層為海風迴流部分，厚度約400~800m，位溫隨高度緩慢增加。上面一層為環境風場部分，位溫隨高度增加較快，另外由觀音、中正機場及台北地面風的比較可知，濱海地區的地面風場與台北的地面風場特性差異很大，即使同是濱海測站的觀音與中正機場，海風風向亦不盡相同，主要原因是因為觀音西北、西、西南皆臨海，而中正機場的西北及北臨海。

## 參考文獻

- Atlas, D., 1960: Radar detection of the sea breeze, *J. Meteor.*, 17, 244-258.
- Estoque, M.A., 1961: A Theoretical Investigation of Sea Breeze, *Quart. J.R. Meteorol. Soc* 87, 136-146.
- Fisher, E.L., 1960: An observational study of the sea breeze, *J. Meteor.* 17, 645-660.
- Frizzola, J.A. and E.L. Fisher, 1963: A Series of sea breeze observations in the New York City area, *J. Appl. Met.*, 2, 722-739.
- Hsu, Shih-Ang, 1970: Coastal air circulation System: observations and empirical model, *Mon. Wea. Rev.*, 98, 487-509.
- Keen, C.S. and Lyons, W.A., 1978: Lake / land Breeze Circulation on the western Shore of Lake Michigan, *J. Applied Meteorol.* 17, 1843-1855.
- Kondo, H. and K. Gambo, 1979: The effect of the Mixing Layer on the Sea Breeze Circulation and the Diffusion of Pollutants Associated with Land-Sea Breezes, *J. Meteor. Soc. Japan*, 57, 560-575.
- Mitsumoto, S., Ueda, H., and Ozoe, H., 1983: A laboratory experiment on the Dynamics of the land and sea Breeze, *J. Atmos. Sci.* 40, 479-489.
- Nakane, H. and Y. Sasano, 1986: Structure of a sea Breeze Front revealed by Scanning Lidar observation. *Boundary Layer Meteor.* 64, 787-792.
- Ogawa, Y., T. Ohara, S. Wakamatsu, P. G. Diousey and I. Uno, 1986: observation of Lake Breeze penetration and Subsequent Development of the Thermal Internal Boundary Layer for the Nanticoke II shoreline Diffusion Experiment. *Boundary Layer Meteor.* 35, 207-230.
- Pearson, R.A., 1973: Properties of the sea Breeze front as shown by a numerical model. *J. Atmos. Sci.* 31, 1481-1489.
- Simpson, J.E., Mansfield, D.A., and Milford, J. R., 1977: In land penetration of sea Breeze Fronts. *Quart. J.R. Meteorol. Soc.* 103, 46-76.
- Simpson, J.E. and R.E. Britter, 1980: A laboratory model of an atmospheric mesofront. *Quart. J. Roy. Meteor. soc.*, 106, 485-500.

# Observational Studys of Sea Breeze in Quan-Yin Area

Long-nan Chang, Shih-Chong Lu, Ching-Sen Chen  
Song-Chin Lin, Pay-Liam Lin, Su-Yung Chou, Kuo-Yi Huang

Department of Atmospheric Physics  
National Central University

## ABSTRACT

Sea breeze circulation near coastal area affects the transport and dispersion of pollutants. The detailed vertical structure of land-sea breeze circulation has been studied by many investigators in many parts of the world. Results indicate that very stable layers develop not only between the in-flowing sea breeze and the returning flow but also between the returning flow and the ambient wind at higher level in the afternoon. In the morning and evening the stable layer are closed to ground. Stable layers can strongly limit the dispersion of air pollutants.

In Taiwan area some industrial zones has been proposed to be located in coastal area. However the vertical structure of sea breeze in Taiwan area has not been well established. Therefore we launched a field program to study the vertical structure of sea breeze in Quan-Yin area in July 1987. The analysis of the low level potential temperature and wind pattern in the afternoon indicate that three different layers were established in the sea breeze circulation. From surface to 300 m height potential temperature does not change with height except close to the ground. In this layer wind was from the sea. Above bottom layer potential temperature increases slowly with height until 700m above the ground. In this layer (400 to 600 m height) wind was different from that of bottom layer and the ambient wind. We call this layer as the returning flow layer ( Nakane and Sasano, 1986; Ogawa et al, 1986). Above returning flow layer potential temperature increases substantially with height. Stable layers can be seen between bottom layer and returning flow layer as well between returning layer and ambient layer.