

冬季中高緯度冷氣團特性之分析

江火明

國立中央大學大氣物理研究所

摘要

在冬季台灣地區的天氣變化，與中高緯度的冷氣團活動息息相關，因此，瞭解中高緯度冷氣團的結構與移動，對寒潮暴發的路徑與強度之影響，是十分重要的。

本文針對 1978 年底至 1979 年初的冬季期間，亞洲大陸東岸寒潮暴發的個案，探討中高緯度冷氣團的結構與移動路徑，並做位渦度分析，以瞭解寒潮暴發前後，大氣結構與運動特性的改變。

關鍵詞：冷氣團、寒潮、位渦度

一、前言

台灣地區冬季受西伯利亞極地冷氣團的侵襲，造成氣溫劇降，即所謂寒潮暴發，這是台灣地區主要氣象災害之一。

有關寒潮的研究可分為兩大類，一是對個案強度的探討，如：Danielsen and Ho(1969), Chu and Park(1984), Boyle(1986 a), 蔡清彥(1981)；另一是對合成結果的分析，對 Chu(1978), Murakami(1979), Chang and Lau(1980), Lau and Lau(1984), 任立渝與蔡清彥(1981)。

依 Chang and Lau(1980) 以及 Chang et al.(1979) 的研究結果，1974 年 12 月是東亞地區強烈寒潮十分顯著的一個月，而 1978 年 12 月冷氣團的南下就顯著地微弱很多。Boyle(1986 a,b) 比較這兩年的 12 月月平均以及個案的環流特色，顯示大氣環流與極地冷氣團的逐年變化，對東亞寒潮的活躍與強度有顯著的關係。若寒潮強且持續低溫的年份為冷冬，反之為暖冬。

寒潮來源地的不同，其極地冷氣團的秉性也不一，故造成東亞地區冬季天氣變化也不一致（戚啓勳，1978），因此，有關極地冷氣團特性的研究，對東亞地區天氣變化的瞭解，將有相當的助益。

在過去的中高緯度大尺度環流研究中，一般只針對高度場的分析或針對溫度場的分析來討論，如 Konrad II and Colucci(1988); Dole(1989)。至於結合風場與質量場分布的物理量——位渦度的分析，用在天氣過程的研究，有 Clough et al.(1985)，

Hoskins et al.(1985), Illari(1984) 等，由於冷氣團前緣具有很大的靜穩度，而且運動具氣旋式渦度，是高位渦度區域，因此，對冬季中高緯度地區位渦度分布及其演變特性的分析，將有助於寒潮暴發與冷氣團變化的認識。

本文從 1978 年底至 1979 年初的冬季期間，亞洲大陸東岸寒潮暴發的個案，探討中高緯度冷氣團的結構與移動路徑，並做位渦分析，以瞭解寒潮暴發前後，冷氣團邊緣大氣運動的特性。

二、1978 年冬中高緯度冷氣團的活動

為了選取顯著的東亞地區寒潮暴發的個案，我們針對 1978 年 11 月至 1979 年 3 月的五個月（151 天），分析大連、上海、台北三個測站 12z 的地面觀測氣溫逐日變化（如圖一所示）在大連有五次明顯的氣溫下降個案，這五次急劇降溫的過程發生前後之溫差（如表一所示），在高緯度冷氣團造成的溫差比低緯度大得多。

個案 I（11 月 16 日至 20 日）雖然在高緯度的降溫僅 8 度，但冷空氣卻很快的侵襲至低緯度。個案 II（12 月 15 日至 19 日）大連降溫 21 度之多，但中緯度的降溫並非特別大，這表示相當冷的氣團籠罩在高緯度，但向南暴發的冷空氣並不算太大。個案 III 與 IV（12 月 25 日至 29 日，1 月 9 日至 11 日）降溫只發生在中高緯度，且降溫之後持續相當長的低溫日子，而在低緯度地區，氣溫沒有顯著的下降。

個案V (1月25日至31日) 是一次相當強烈的寒潮暴發，在大連氣溫下降20度，而台北在大連降溫後3天開始降溫，且下降了11度之多。

圖二為這五次個案期間中高緯度地區500毫巴面冷氣團中心的動態圖，圖中數字為日期。個案I冷氣團中心從西伯利亞北部向東南方移動，11月20日到達西伯利亞東岸，此時東北地方以華中華南地區氣溫降至最低，在20日之後，冷氣團中心向西推進，且強度逐漸減弱。個案II冷氣團中心從貝加爾湖北端向東快速移動至庫頁島而消逝。個案III在北冰洋的極地冷氣團自22日起向西移動，對南方影響不大，26日起分裂為二，南方的冷氣中心從貝加爾湖南端向東移動，而消逝在我國東北地方，由於冷氣團只是向東移而沒有大舉南侵，華南地方氣溫下降就不太多了。個案IV冷氣團中心自4日起從西伯利亞北部向東南移動，9日到達貝加爾湖東北角，此後快速移到庫頁島，與個案II極為相似的是冷氣團只籠罩在中高緯地區，並沒有南侵，因此台北氣溫下降不大。

個案V冷空氣中心20日從北冰洋南下後，沿著典型的西北路路徑，快速東移，25日到達貝加爾湖東岸，而後在湖的東北方滯留到月底，在它滯留期間冷空氣開始急劇南侵，致使我國東北地方自25日起氣溫立即顯著下降，而兩天後冷氣團前緣才迅速到達華中華南，造成台北31日氣溫下降至9度，為這年冬季最大的一次寒潮暴發。

三、個案V 天氣形勢概況

本文選取這年冬天最大一次冷空氣大舉南侵的個案V，即1979年1月26日至30日做為個案探討的對象，以瞭解冷空氣中心在貝加爾湖東北方滯留期間，氣團變形南侵的過程。

圖三a, b, c, d與e分別為1979年1月26, 27, 28, 29與30日00Z850毫巴面上之高度場(實線)，與氣溫場(虛線)。26日低氣壓中心在西伯利亞東部，即庫頁島西側，氣溫線幾乎呈東西走向，溫度梯度最大的地方約在我國東北地方，向西延伸到貝加爾湖以西，西伯利亞在極地冷氣團的籠罩下，溫度很低，冷氣團中心在貝加爾湖西北方，而華中華南地區溫度梯度小，氣溫相當高，換句話說，極鋒的位置從東北地方延伸至塞北地區。

27日低壓中心向東移動，鋒面帶仍然停留在前

一天的位置，此時大連的氣溫正持續下降，而華中華南並未受冷氣團的威脅。

28日低壓中心在日本東北方海面，且明顯地加強，冷舌自貝加爾湖東北的冷氣團中心，向東南伸展經庫頁島到日本東方海面，而華南低壓亦開始加強，在低壓東側的大陸沿海地區，受到南來暖氣流的影響，氣溫顯著地上升，達到這些日子來的最高溫，大陸高壓中心在新疆省境內，在黃海東海及日本南方形成一廣大而強烈的變形場，是未來鋒面帶發展的好環境。

29日日本東方海面上的低氣壓迅速東移且逐漸減弱，在此低壓西側的冷舌，造成日本地區的急劇降溫，而華南低壓東移到長江口，並且快速發展，造成另一冷舌自貝加爾湖東北角的冷氣團中心，向南伸展經華北到華南。在新疆的高壓系統，亦順著冷舌的方向向東南伸展，此時華中華南氣溫劇降。

30日長江口低壓東移至日本，伴隨之冷鋒南移，大陸東岸及台灣地區氣溫達到最低。

四、位渦分析

對無摩擦且絕熱的大氣三維渦度方程式可寫成

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\vec{\zeta}_a}{\rho} \right) = \left(\frac{\vec{\zeta}_a}{\rho} \right) \cdot \nabla \vec{u} - \left(\frac{1}{\rho} \right) \nabla \left(\frac{1}{\rho} \right) \times \nabla p \dots\dots\dots (1)$$

其中，絕對渦度 $\vec{\zeta}_a (= 2\vec{\Omega} + \vec{\zeta})$ ， $\vec{\Omega}$ 是地球自轉的角速度，相對渦度 $\vec{\zeta} (= \nabla \times \vec{u})$ ， \vec{u} 是風速的三維向量 (u, v, w) ， ρ 為密度， P 為氣壓。

$$\nabla = i \frac{\partial}{\partial x} + j \frac{\partial}{\partial y} + k \frac{\partial}{\partial z}$$

Ertel(1942) 提出位渦度守恆定律，若位溫是氣壓 P 與密度 ρ 的函數，對絕熱過程的大氣，位溫是守恆的，即

$$\frac{d\theta}{dt} = 0 \dots\dots\dots (2)$$

今取位溫的梯度對(1)式做無向量乘積運算的結果

，可得位渦度 $P_r (= \frac{1}{\rho} \vec{\zeta}_a \cdot \nabla \theta)$ 是守恆的，即

$$\frac{dP_r}{dt} = 0 \dots\dots\dots (3)$$

採用位渦度分析空氣塊的原因有四：

- (一) 若無摩擦且絕熱作用下，空氣塊的移動恆

保持位渦度守恆；

(二) 位渦度是結合風場與質量場分布的物理量，而渦度或環流只是純運動學的度量，位溫則只是質量場的度量；

(三) 位渦度的平均分布，顯示大尺度動力系統的時間演變過程，如：Rossby波的前進、斜壓不穩定的條件等；

(四) 由可逆反算原理 (Invertibility Principle)，利用位渦度分布及適當的邊界條件，即可反求得風場與質量場。

在等壓面分析位渦度，它可以下式表之：

$$P_r = -g \left\{ -\frac{\partial v}{\partial p} \left(\frac{\partial \theta}{\partial x} \right) + \frac{\partial u}{\partial p} \left(\frac{\partial \theta}{\partial y} \right) + \left[\left(\frac{\partial v}{\partial x} \right) - \left(\frac{\partial u}{\partial p} \right) + f \right] \frac{\partial \theta}{\partial p} \right\} \dots\dots (4)$$

圖四 a, b 與 c 分別為 1979 年 1 月 26、28、30 日 00Z850 毫巴面上位渦度分布圖；圖五 a, b 與 c 則為 500 毫巴面上之位渦分布圖。26 日在黑龍江的高位渦區域向東移動，而後逐漸減弱，這顯示對應的是低壓氣旋系統的移動過，在東海華中華南一帶，28 日起低層的高位渦區域是因為冷氣團前緣的靜穩定大氣，加上氣旋式運動的鋒面帶所造成，換言之，在冷氣團邊緣的極鋒區內，位渦度總是比較大的，30 日冷氣團南侵後，高位渦區只在日本附近，而華中華南位渦度顯著減小。

圖六 a 與 b 為 28 日 850 毫巴與 500 毫巴面之垂直 P—速度，圖七 a 與 b 則為 30 日 850 毫巴與 500 毫巴面之垂直—p 速度，實線所圍成的區域是下降運動區，虛線所圍成的則為上升運動區，一般而言，在冷舌所伸展的方向均為下降運動區。

值得注意的是冷空氣大舉南侵的時候，在黃海及朝鮮半島有非常強的下降運動，造成冷氣團邊緣的崩潰。

在等壓面上，位渦於變化除了水平平流之外，它亦正比於垂直平流量的大小，一般而言，位渦具有垂直遞增的分布，即 $\frac{\partial P_r}{\partial p} < 0$ ，故下降運動區有

利於當地位渦度的增大，因此，在 30 日強烈下降運動的朝鮮半島是高位渦度的區域。

五、結論

從最近 15 年的冬季氣溫變化的氣候值比較，1978 年冬季在亞洲大陸東岸算是氣溫偏高於暖冬，強烈冷氣團南侵的次數比歷年少。不同的冷氣團移動路徑，將引發不同的寒潮過程，而 1979 年 1 月 25 日到 31 日的天氣過程中，是一次顯著的寒潮暴發個案，25 日以前冷氣團中心從西伯利亞西側橫貫而來，隨後在貝加爾湖東側滯留，造成我國東北地方 25 日起的強烈降溫，28 日至 30 日間在黃海與朝鮮半島的強烈下降運動，使冷空氣急速南下，華中華南氣溫驟降。

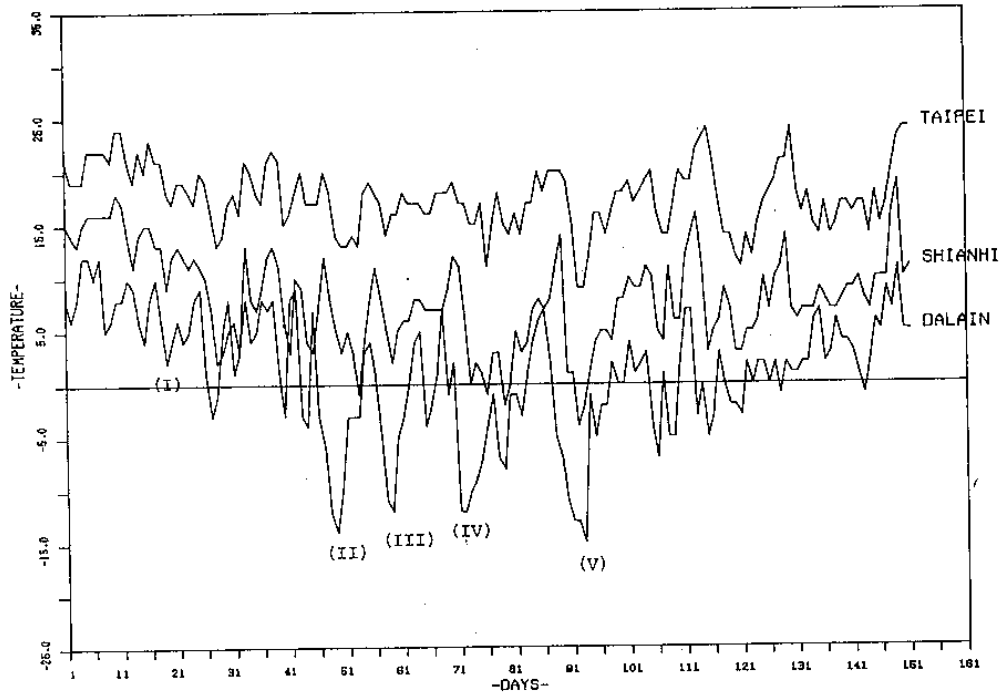
由於垂直運動對位渦強度的變化甚大，從圖中不易判斷位渦強度的變化，若改為等位溫面的分析，將有益於對冷氣團前緣鋒面帶內大氣結構的瞭解，也是未來要改善的地方。

參考文獻

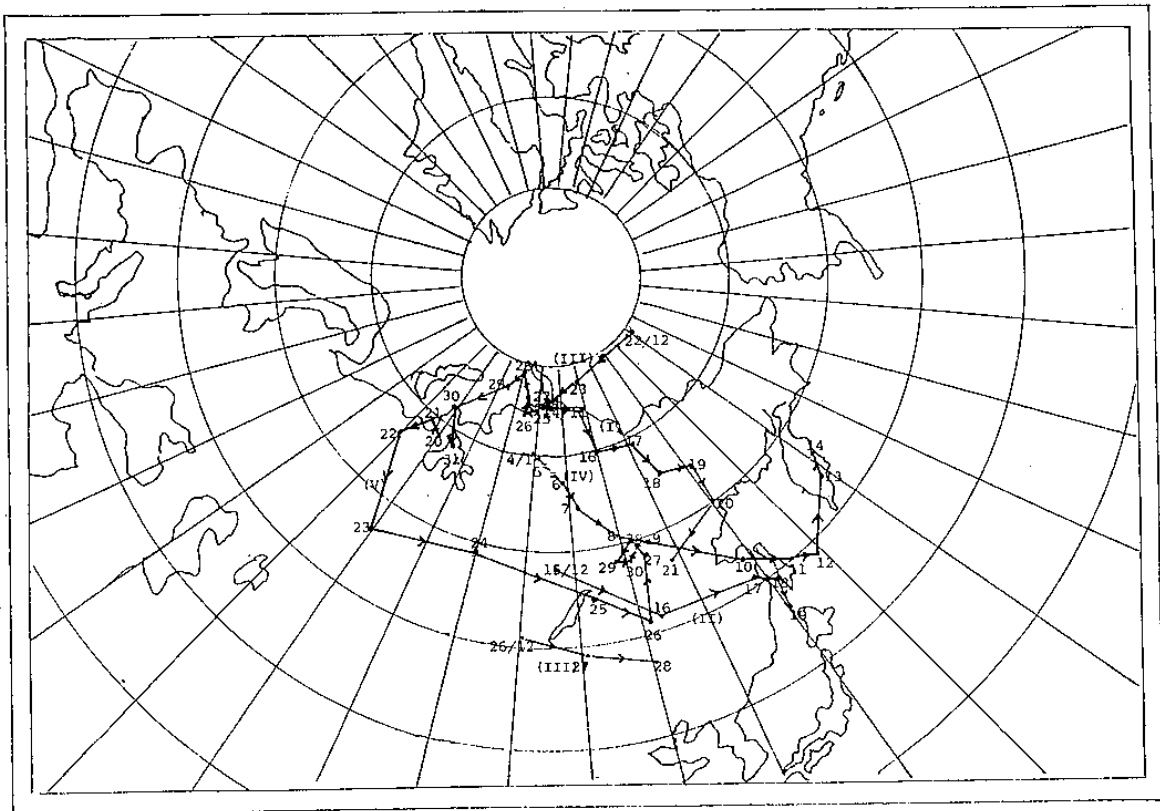
- Boyle, J. S., 1986 a: Comparison of the Synoptic Conditions in Midlatitudes Accompanying Cold Surges over Eastern Asia for the Months of December 1974 and 1978. Part I: Monthly Mean Fields and Individual Events. *Mon. Wea. Rev.*, 114, 903-918.
- Boyle, J. S., 1986 b: Comparison of the Synoptic Conditions in Midlatitudes Accompanying Cold Surges over Eastern Asia for the Months of December 1974 and 1978. Part II: Relation of Surge Events to Features of the Longer Term Mean Circulation. *Mon. Wea. Rev.*, 114, 919-930.
- Chang, C.-P., and K. M. Lau, 1980: Northeasterly Cold Surges and Near-Equatorial Disturbances over the Winter MONEX area During December 1974. Part II: Planetary Scale Aspects. *Mon. Wea. Rev.*, 108, 298-312.
- Chang, C.-P., J. E. Erickson and K. M. Lau,

- 1979:Northeasterly Cold Surges and Near-Equatorial Disturbances over the Winter MONEX area During December 1974. Part I:Synoptic Aspects. Mon. Wea. Rev., 107, 812-829.
- Chu, E. W. K.,1978: A Method for Forecasting the Arrival of Cold Surges in Hong Kong. Royal Observatory Tech. Note 43, Royal Observatory, Hong Kong, 32pp.
- Chu, P.S., and S.V. Park, 1984:Regional Circulation Characteristics Associated with a Cold Surge Event over Esia During Winter MONEX. Mon. Wea. Rev., 112, 955-965.
- Clough, S. A. N. S. Grahame and A. O'Neill, 1985:Potential Vorticity in the Stratosphere Derived using Data from Satellites. Quart J. R. Met. Soc., 111, 335-358.
- Danielsen, EF., and F. P. Ho, 1969:An Isentropic Trajectory Study of a Strong Northeast Monsoon Surge. Sci. Rep.2, AFCRL-69-0036, Hawaii Institute of Geophysics, 19pp.
- Dole, R. M., 1989:Life Cycles of Persistent Anomalies. (I)Evolution of 500mb Height Fields. Mon. Wea. Rev., 117, 177-211.
- Ertel, H., 1942:Ein Neuer Hydrodynamischer Wirbelsatz. Meteorl. Z, 59, 271-281.
- Hoskins, B. J., M. E. McIntyre and A. W. Robertsob, 1985:On the Use and Significance of Isentropic Potential Vorticity Maps. Quart J. Roy Meteor. Soc., 111, 877-946.
- Illari, L., 1984:A Diagnostic Study of the Potential Vorticity in a Warm Blocking Anticyclone. J. Atmos. Sci, 41, 3518-3526.
- Konrad II, C. E. and S. J. Colucci, 1988: Synoptic Climatology of 500mb Circulation Changes during Explosive Cyclogenesis. Mon. Wea. Rev., 116, 1431-1443.
- Lau, N.-C., and K. M.Lau, 1984: The Structure and Energetics of Midlatitude Disturbances Accompanying Cold Air Outbreaks over East Asia. Mon. Wea,Rev., 112, 1309-1327.
- Murakami, T., 1979:Winter Monsoonal Surges over East and South East Asia. J. Meteor. Soc. Japan, 57, 133-158.
- 任立渝、蔡清彥，1981：台灣地區寒潮合成天氣型式之研究。大氣科學，8，67-79。
- 戚啓勳，1978：中國氣候概論，58-68。
- 蔡清彥，1981：台灣地區寒潮個案之研究。大氣科學，8，81-94。

THE TEMPERATURE FROM 1978 / 11 TO 1979 / 3



圖一：1978年11月1日至1979年3月31日大連、上海、台北測站地面氣溫逐日變化圖。



圖二：1978年底至1979年初冬季期間500毫巴面冷氣團中心的動態圖，圖中數字為日期。

Analysis of Polar Cold Air Mass in Winter

Huo-Ming Jiang

Institute of Atmospheric Physics
National Central University

Abstract

Cold surge is one of the most serious weather disasters in Taiwan area. The weather in Eastern Asia depends on the characteristics of the polar cold air masses in winter. Therefore, study of the polar cold air masses is useful and significant for the extend and the long term weather forecasting.

The behavior of polar cold air mass and its track during the 1978-1979 winter are expressed in this paper. In order to understand the evolution of polar front, the potential vorticity fields are also analyzed.

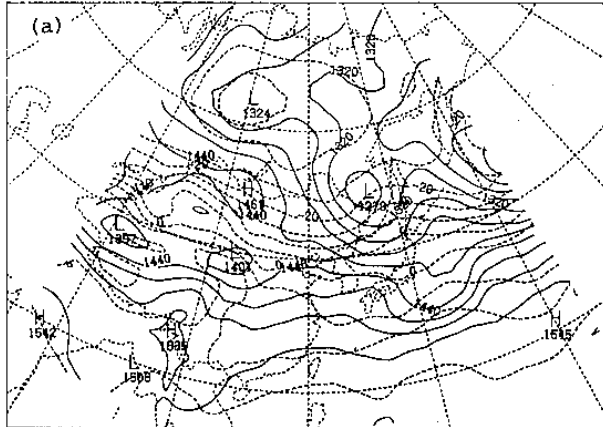
Key words: Cold Air Mass, Cold Surge, Potential Vorticity

測站 個案	大 連		上 海		台 北	
	期 間	溫差	期 間	溫差	期 間	溫 差
I	11月16日~19日 (10度) (2度)	8	11月16日~19日 (15度) (9度)	6	11月16日~20日 (23度) (17度)	6
II	12月15日~19日 (7度) (-14度)	21	12月17日~20日 (12度) (3度)	9	12月17日~20日 (20度) (13度)	7
III	12月25日~29日 (4度) (-12度)	16	12月26日~29日 (11度) (2度)	9	12月26日~29日 (18度) (16度)	2
IV	1月 9日~11日 (2度) (-12度)	14	1月 9日~12日 (12度) (0度)	12	1月 9日~12日 (19度) (15度)	4
V	1月25日~31日 (7度) (-13度)	20	1月28日~31日 (14度) (-4度)	18	1月28日~31日 (20度) (9度)	11

表一：1978年底至1979年初冬季期間，寒潮暴發前
後大連、上海與台北測站之氣溫下降值。

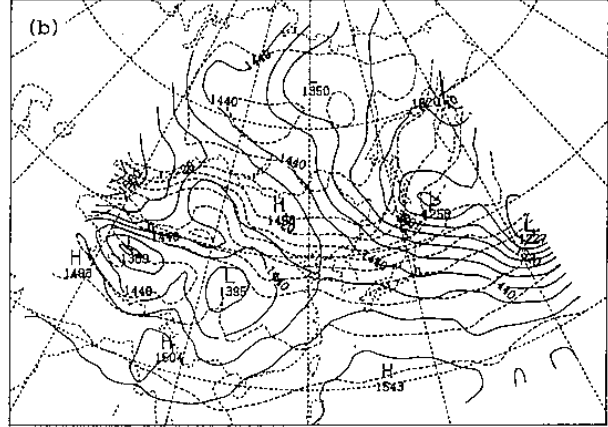
1979/1/26/00Z

850 MB



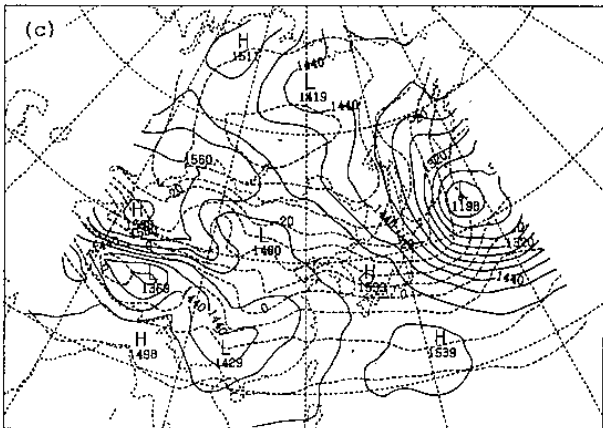
1979/1/27/00Z

850 MB



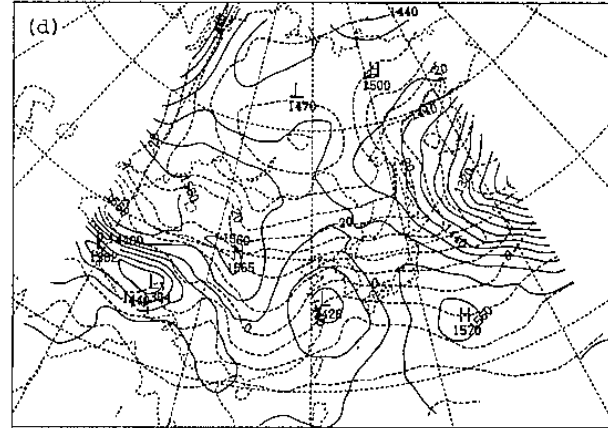
1979/1/28/00Z

850 MB



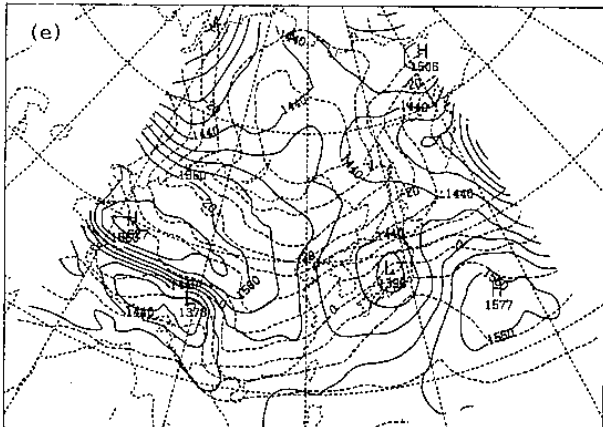
1979/1/29/00Z

850 MB



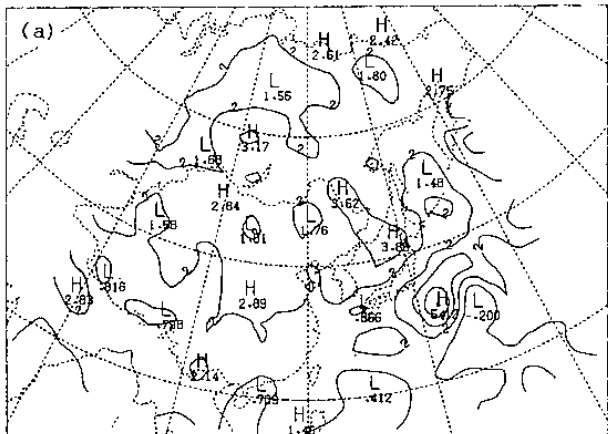
1979/1/30/00Z

850 MB

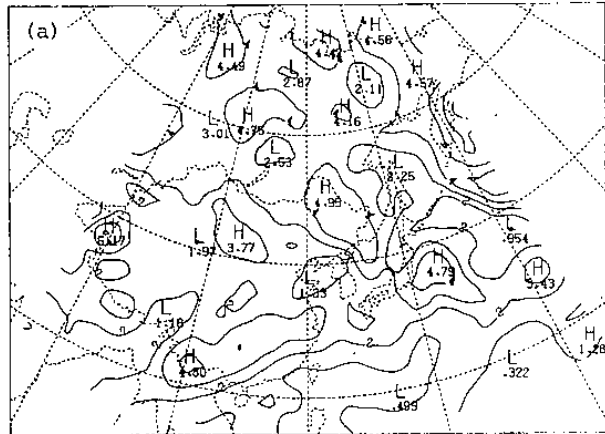


圖三：1979年1月(a)26日，(b)27日，(c)28日，
(d)29日與(e)30日00z850毫巴面之高度場（實線）與氣溫場（虛線）圖。

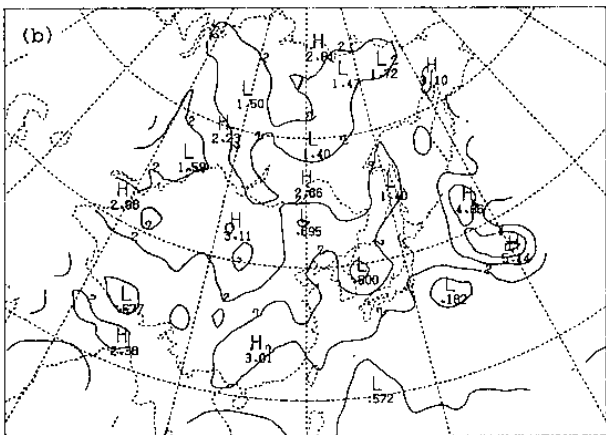
1979/1/26/00Z 850 MB PV (*PVU)



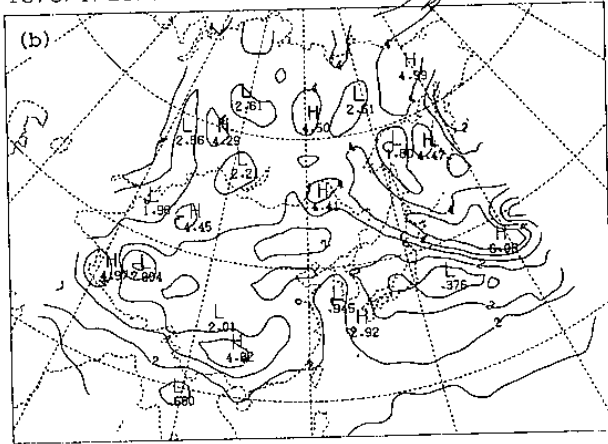
1979/1/26/00Z 500 MB PV (*PVU)



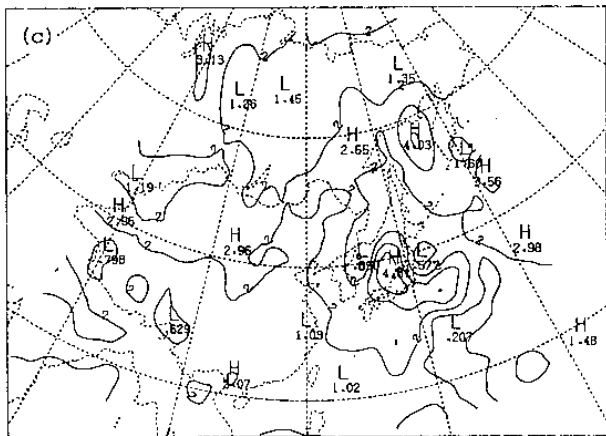
1979/1/28/00Z 850 MB PV (*PVU)



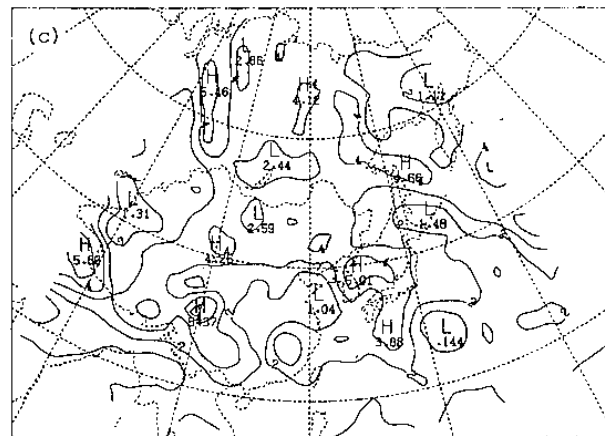
1979/1/28/00Z 500 MB PV (*PVU)



1979/1/30/00Z 850 MB PV (*PVU)



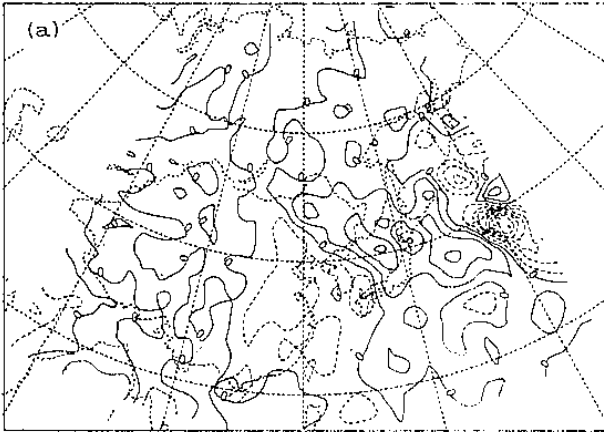
1979/1/30/00Z 500 MB PV (*PVU)



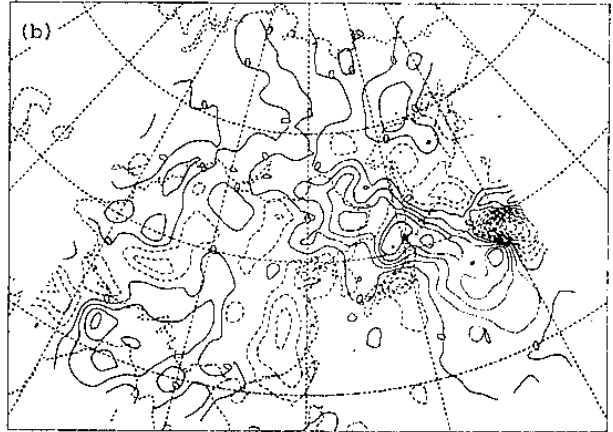
圖四：1979年1月(a)26日，(b)28日與(c)30日
00z850毫巴面之位渦度分布圖。

圖五：1979年1月(a)26日，(b)28日與(c)30日
00z500毫巴面之位渦度分布圖。

1979/1/28/00Z 850 MB P-VEL. (*E-3)

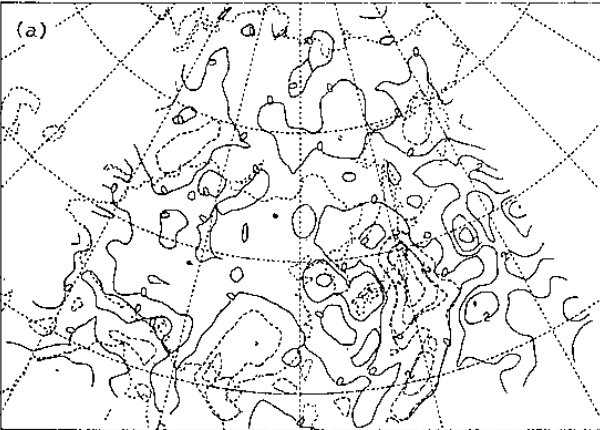


1979/1/28/00Z 500 MB P-VEL. (*E-3)

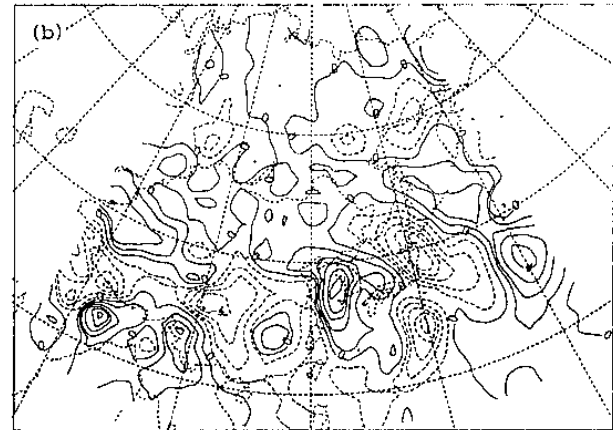


圖六：1979年1月28日(a)850毫巴與(b)500毫巴面之垂直P-速度分布圖。

1979/1/30/00Z 850 MB P-VEL. (*E-3)



1979/1/30/00Z 500 MB P-VEL. (*E-3)



圖七：1979年1月30日(a)850毫巴與(b)500毫巴面之垂直P-速度分布圖。

