

昭和基地の高層気象と季節循環型の記述

清野善兵衛*・鈴木信雄*

DESCRIPTION OF AEROLOGY AND SEASONAL CIRCULATION PATTERNS OVER THE SYOWA BASE IN 1961

Zenbei SEINO*, Nobuo SUZUKI*

Abstract

Seasonal mean values of heights and temperatures at the selected pressure surfaces are computed, using the aerological data obtained during the 4th (1960) and the 5th (1961) wintering observations at the Syowa Base, Antarctica. Main characteristics of the seasonal and yearly variations both in the antarctic troposphere and the stratosphere are investigated by means of these limited data.

Four vertical time sections (from the surface to 30 mb) of Feb. May. Aug. Oct.-Nov., representing each season respectively, are made based on these data, and some notable features of seasonal circulation patterns in 1961 over the Syowa Base are briefly described.

In addition, in supplementing this single station data analysis, IAAC's synoptic weather charts in microfilm are used to locate relative pressure systems, and at the same time, for rough estimation of circulation intensity, meridional temperature gradients between the Syowa Base and Marion Island in the middle latitude, together with difference in their annual variations, are utilized.

Characteristics of the seasonal circulations in 1961 are summarized as follows:

Summer: In the troposphere, weak anti-

cyclonic systems predominate over the east continent and weak circulations of E-ly with slightly N and S components are seen. However, in the location and movement of these systems, W-ly wind circulation is also seen. Cyclonic activities are such that most of lows move on toward the east within the low pressure belt off the base, and, except at the surface, N or NE-ly winds by these systems are very weak in the upper layer, so there was little influence to the air over the base.

For the layer from the lower to middle stratosphere, weak W-ly wind generally prevails but variation of the wind direction is also seen upon appearance of anabatic and katabatic fields. In the upper stratosphere, weak E-ly wind with N component can be seen.

Autumn: For the layer from the middle troposphere to the lower stratosphere, S or SW-ly strong jets come to be observed due to the sharp southward extension of the middle latitude ridge which brings about a temperature rise in the air over the base. At the same time, in the lower layer near the surface, a shallow cold film of the polar anticyclone is formed and weak surface inversion develops up to about 500 m; subsequently weak anticyclonic circulation at the surface is maintained. On the other hand,

* 気象庁. Japan Meteorological Agency.

cyclonic activities are intensified from the middle autumn and replacement of the air masses becomes more active. In case a moderate cyclone approaches, a strong NE-ly wind circulation is observed throughout the troposphere.

In the upper stratosphere, with advancement of cooling process, a strong W-ly jet predominates following the formation of the polar vortex.

Winter: Near the surface, weak SE-ly circulation predominates due to the control of the polar cold anticyclone with moderate surface inversion. In the polar night period, weak circulation of nearly E-ly wind prevails generally for the most part of the troposphere, but even in this period, the base region is attacked by an intensive cyclone of winter. Cyclone activities with strong NE-ly wind are further intensified especially in early and late winter.

In some cases this NE-ly wind may persist for several days afterward, with a gradual decrease in its speed only, due to stagnation and filling of the low in the north of the base.

There is also found a much more intensi-

fied influence of sharp ridge extension southward from the middle latitude anticyclone than autumn, and stronger SW-ly with circulation with a temperature rise is observed. Such an alternative appearance of the NE-ly and SW-ly wind circulation verifies that the antarctic atmosphere is markedly baroclinic in winter time.

In the stratosphere, as the polar night cold vortex is in the midst of maximum development, strong W-ly jet more than 100 knots prevails continuously.

Spring: Rapid spring-time stratospheric warming which begins with the uppermost layer is found for the period from late October to early November, followed by weakening of the circulation. The NE-ly wind by various-scaled cyclonic turbulence of short period nature is seen in the troposphere.

On the other hand, strong SW-ly wind caused by the pressure pattern similar to those in autumn and winter also appears in both the troposphere and the stratosphere. Active replacement of the air masses takes place throughout the whole atmosphere, which is in process of a rapid transition into summer season.

ま え が き

1957年から1961年まで南極昭和基地(69°00' S, 39°35' E)において4回の越冬観測を行なったが(1958年は越冬に失敗), その間, 高層気象観測を行なったのは第3次(1959年), 第4次(1960年)と第5次(1961年)の越冬隊であった。第3次(1959年)越冬隊では資材と人員の関係から夏季を除いて年間100回程のラジオゾンデによる観測を行なっただけで, この時はレーウィン装置を持たず, 上層風の観測はセオドライトに頼ったので, その資料の数も少ない。第4次越冬(1960年)の時, ようやくレーウィン装置が基地に運び込まれ, 上層風を含んだ完全な高層観測が実施できるようになった。しかし, この時も人員と資材の関係から年間約150回程程度の観測に留まった。毎日1回(12Z),

の連続観測が可能になったのは第5次越冬(1961年)の時、この時、ほぼ通年連続観測の資料を得ることができた。従って、本稿では主として第5次越冬(1961年)1年間の資料により、昭和基地の各季節の高層気象タイムセクションを作り、対流圏および成層圏循環型の特徴を記述し、特に東大陸上の循環に関する考察を試みた。

1. 昭和基地周辺の気象特性

J. ALT¹⁾によると、東南極は気候区分上、次のように分けられている。

- A. 南極前線に影響される沿岸部：下降風が頻発(棚氷から数キロ離れると、この影響は激減する)。
- B. 東南極高原地帯(内陸部)：低気圧は少なく、冬に大きな温度逆転があり、降水量少ない。

昭和基地周辺の気圧系については、平均的に見ると、クインモウドランドからウェッデル海に停滞性の低気圧(または谷)があり、また、マッケンジー湾附近(60°~100°E)にも別の低気圧域がある。Cold outbreaks はエンダービィランド地域に多く、暖気侵入の最頻発地帯は、上述の低気圧域とされている。

シノプチック気象の特徴として、0°~70°Eの東南極沿岸部は、低気圧、前線性擾乱の南限であり、前線の通過が頻繁であるが、観測点が少ないので、これの予報や追跡は困難である。平均雲量は5~7、地上気温は夏には0°を越すことがあるが、冬では-35°~40°C位で、接地逆転は内陸部に比べてあまり顕著でなく、気温変動は短期間である。地上附近の風は、一般にSEが卓越(昭和基地はNEが卓越風向)し、1,500~2,000m以上の風は、一般に西風となっているが、擾乱通過時には、風向が大きく変化する。

昭和基地の気象特性も、これらの特徴とほとんど同様であるが、基地周辺の地形の影響(海岸線の走行が南北)で、卓越風向がNEになっているのが例外である。過去4年間の資料から、昭和基地では、年間を通じてNEの風が卓越していることが明瞭に見られるが、B. L. DZERDZEEVSKII²⁾によると、これは地形の影響のみならず、安定した大気循環過程の効果も加わっているという説もある。

2. 昭和基地の高層気象要素(気圧高度および温度)の季節変化

高層気象観測を実施した第4次(1960年)と第5次(1961年)の各指定気圧面の高度および温度の季節別平均値と年平均値は、Table 1のとおりである。第4次観測は、1960

Table 1. Seasonal mean values of height and temperature in the upper air at the Syowa Base.

Pressure surface Element		850 mb	700 mb	500 mb	400 mb	300 mb	200 mb	150 mb	100 mb	50 mb	30 mb	Remarks			
		Height (gpm)		Zr ₂ -1960	1123	2508	5001	6531	8413	10989	12844		15446	19851	23098
Zr ₃ -1960	1109			2527	4887	6382	8163	10600	12323	14660	—	—	Zr ₂ (Autumn) = 1/3(Z ₃ + Z ₄ + Z ₅)		
Zr ₄ -1960	1098			2531	4916	6416	8254	10723	12452	14927	19221	22459	Zr ₃ (Winter) = 1/3(Z ₆ + Z ₇ + Z ₈)		
Zr ₁ -1961	1190			2670	5125	6678	8591	11247	13174	15930	20697	24219	Zr ₄ (Spring) = 1/3(Z ₉ + Z ₁₀ + Z ₁₁)		
Zr ₂ -1961	1149			2600	5000	6514	8380	10989	12862	15491	19962	23255			
Zr ₃ -1961	1113			2539	4911	6403	8232	10683	12394	14767	18798	21809			
Zr ₄ -1961	1146			2595	5004	6420	8376	10870	12616	15095	19394	22601			
\bar{Z} -1961	1150			2601	5010	6529	8395	10947	12762	15321	19721	22971			
Temperature (°C)				Tr ₂ -1960	-14.2	-20.8	-34.3	-44.1	-55.3	-53.7	-53.1	-54.5	-56.5	-57.1	Tr ₁ (Summer) = 1/3(T ₁₂ + T ₁ + T ₂)
				Tr ₃ -1960	-21.4	-26.7	-42.3	-52.7	-63.6	-70.6	-71.7	-75.2	—	—	Tr ₂ (Autumn) = 1/3(T ₃ + T ₄ + T ₅)
		Tr ₄ -1960	-18.4	-24.4	-38.6	-48.5	-60.3	-70.1	-67.2	-64.4	-60.5	-54.0	Tr ₃ (Winter) = 1/3(T ₆ + T ₇ + T ₈)		
		Tr ₁ -1961	-9.0	-17.3	-30.7	-40.4	-50.7	-45.6	-42.7	-40.5	-37.2	-33.7	Tr ₄ (Spring) = 1/3(T ₉ + T ₁₀ + T ₁₁)		
		Tr ₂ -1961	-14.9	-22.5	-36.7	-46.4	-55.2	-50.8	-51.3	-52.8	-55.6	-55.3			
		Tr ₃ -1961	-19.8	-25.6	-39.8	-49.9	-61.9	-69.4	-70.8	-75.0	-78.3	-77.6			
		Tr ₄ -1961	-15.3	-21.8	-36.1	-46.7	-58.5	-65.8	-66.1	-65.1	-60.5	-56.6			
		\bar{T} -1961	-14.9	-21.9	-36.1	-46.1	-56.8	-58.3	-58.1	-58.5	-58.1	-55.1			

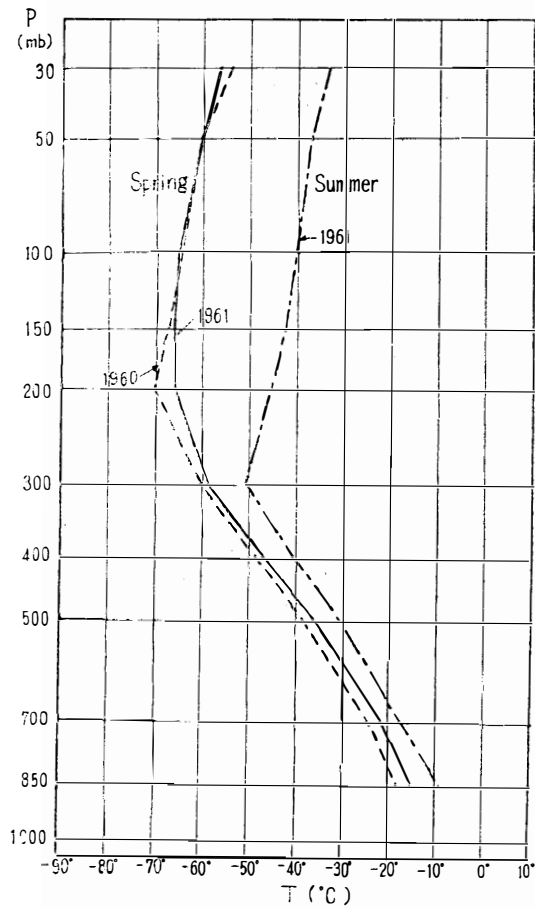


Fig. 1. Mean P-T curves of the Syowa Base for summer and spring in 1960-61.

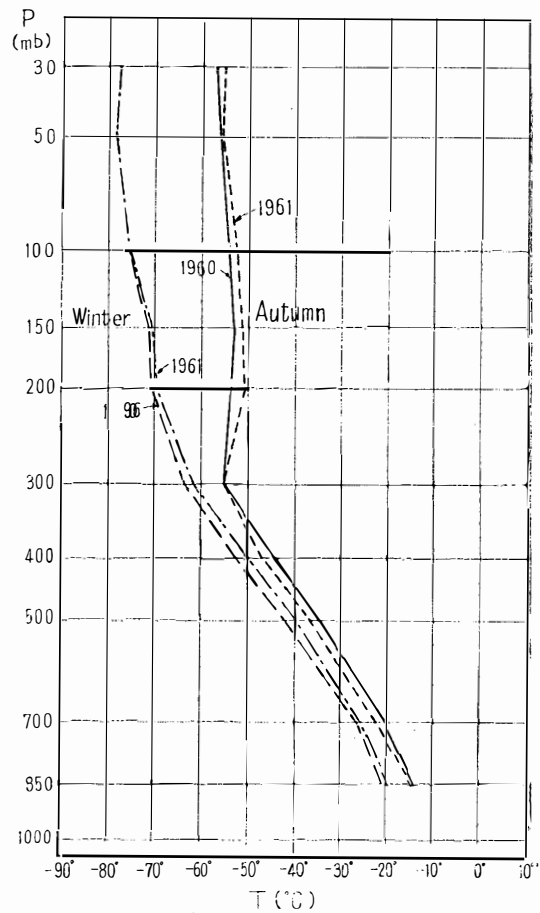


Fig. 2. Mean P-T curves of the Syowa Base for autumn and winter in 1960-61.

年3月から1日おきを実施したので、夏の平均値と年平均値は得られなかった。

各季節の代表値として、夏の値 (Zr_1 : 高度, Tr_1 : 温度) は前年12月~2月の3か月平均値を、秋の値 (Zr_2 , Tr_2) は3月~5月、冬の値 (Zr_3 , Tr_3) は6月~8月、春の値 (Zr_4 , Tr_4) は9月~11月のそれぞれ3か月平均値を求めた。これを秋と冬および春と夏の平均状態曲線として Fig. 1 および Fig. 2 に示した。

夏季の高層観測資料が少ないので、各季節の年別変化の様子を確定的には記述できないが、対流圏から成層圏にわたる昭和基地上空の大気の季節による年別変化について検討してみることにする。

Fig. 1, 2 から、春と冬は対流圏全般から成層圏下部までは、1960年の方が1961年より低温 ($2^{\circ}\sim 3^{\circ}$) であり、これより上の成層圏では、気温はほとんど同じか、前者がわずかに暖かくなっている。春、冬とも、年次による温度差は対流圏では一様で、 2°C 位で

あるが、トロポポーズ附近 (200 mb) では、春の方が冬より差が大きく (4.3°C) になっている。夏は 1960 年の資料がないので、比較できないが、秋は、対流圏では第 4 次が第 5 次より 2°C 位暖かく、成層圏ではこの逆になっている。

トロポポーズは、冬を除き、各季節とも明瞭に現われるが、春は夏と秋にくらべ、高くなっており、その温度も夏、秋の $-50^{\circ}\sim-55^{\circ}\text{C}$ にくらべ、 -70°C 位になる。

季節による上層大気温度分布は、対流圏では、遷移期の春、秋にはほとんど年平均と同じ分布をしており、夏、冬はそれぞれ暖候期、寒冷期の代表的分布をしている。成層圏では、春、夏、と秋、冬がそれぞれ暖化、冷化傾向を示す分布をしている。

夏と冬の季節平均値の較差は、対流圏では $9^{\circ}\sim 10^{\circ}\text{C}$ 位であるが、高度が増すにつれて増加し、成層圏上部では非常に大きくなり、50 mb で 41°C 、30 mb では 44°C にも達する。

各指定気圧面の高度も、この温度変化に応じた変化が見られる。

各季節の変動の様様を見るため、Fig. 3 に第 5 次の各季節の気圧面高度と気温の年平均値からの偏差を示した。これより、対流圏と成層圏における大気季節変動に著しい差があることがわかる。高度は上に向かって偏差が正負に増加する対称的变化をしているが、対流圏にくらべ、成層圏では高度の著しい増加、減少が、それぞれ、春から夏および秋から冬にかけて見られ、100 mb および 50 mb における増減の量は、それぞれ、約 $+1,000\text{ gpm}^*$ 、 -700 gpm および $+1,700\text{ gpm}^*$ 、 $-1,400\text{ gpm}$ 位である。

一方、温度の方は、対流圏では、変動の振幅は小さいが、夏季の昇温が冬季の降温より大きくなっている。成層圏では、遷移期である春、秋と、寒暖両季節である夏、冬の変化間に明瞭な特徴が見られる。即ち、春、秋には、成層圏上部では、高度が増すにつれ年平均値に近づく変化をしているが、中部では、季節の移行がおくれて、年平均値との大きいずれを示す山が出ている。このずれの最大は 150 mb 辺にあり、それぞれ、秋で $+7.8^{\circ}\text{C}$ 、春で -8.0°C になっている。これは、成層圏上部 (100 mb 以上) での急速な冷却化および温暖化が顕著であり、かつ、上層から下層へ伝播して行くので、成層圏中部 (200~100 mb 辺) では、季節の移行がおくれて、それぞれ、秋は夏型、春は冬型の傾向が残っているためである。

寒暖両季節の夏と冬の変化は、上に向かって増減する対称的变化をしており、特に 30 mb 辺では、大きな変動量 ($21^{\circ}\sim 22^{\circ}\text{C}$ 位) を示している。また、寒暖両季節の年平均とのず

* 1960年の春季平均値から1961年の夏季平均値への増加量。

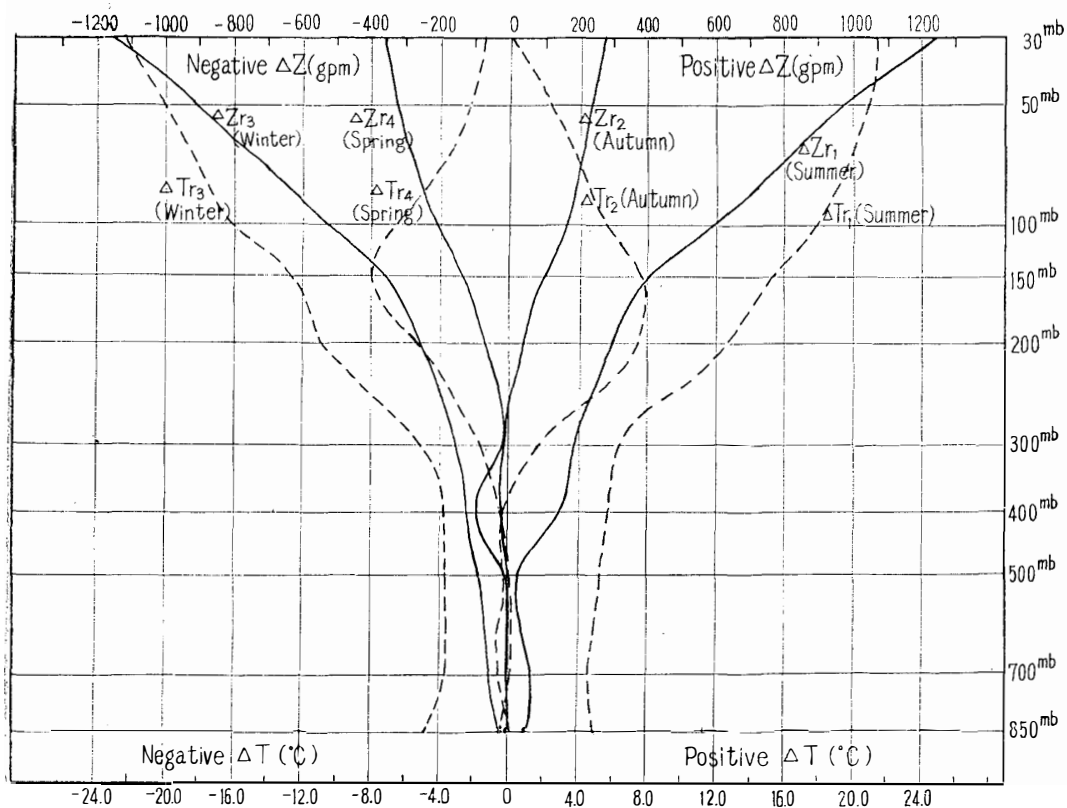


Fig. 3. Seasonal departures of the upper air heights and temperatures from the annual mean of the Syowa Base in 1961.

れと、各季節間の変動量がほとんど同程度であることも成層圏上部における変化の激しさを裏書きしている。

3. 昭和基地上空の季節循環

基地上空の循環型の季節的特徴を知るため、前述の季節平均値を使い、高層気象タイムセクションを作った。Fig. 6-9 に、第5次(1961年)の各季節の代表図として、夏は2月、秋は5月、冬は8月、春は10~11月の850 mb~30 mbまでの高層気象要素(高度偏差、温度、風、トロポポーズ)イソプレットおよび地上気象シーケンスを示した。

高度偏差値Dは、毎日の各指定面気圧高度観測値と各季節の気圧高度年平均値(3か月平均値)との差である。

循環系の検討に際しては、これら等偏差線(D分布)、等温線(温度分布)、高層風分布のみならず、IAACのシノプチック天気図の併用により、シングルステーション解析の範囲内で、1961年における昭和基地上空周辺の顕著な大気循環型の季節的特徴につき記述

すると共に、その成因につき考察を試みた。

3-1. 夏季循環 2月 (Fig. 4 および 6)

一般的傾向として夏季の温暖化に伴う気温と気圧高度の変化が見られる (Fig. 4)。対流圏では、気温は引続き昇温し、夏の終りである2月は月平均値でも最高値を示している。成層圏では、すでに冷却化に伴う温度変化が、対流圏上部 (300 mb 辺) から上に見られる。しかし、高度変化の方は、成層圏中部 (150 mb 辺) を境として、これより下では対流圏と同様に増加の傾向を示し、2月には最高値に達しており、一方これより上の成層圏上部では、高度は逆に減少している。

この高気圧化の傾向は、2月のタイムセクション (Fig. 6) でもはっきり見られる。

即ち、2月の大半は、地表から成層圏中部までの大気層がDの正偏差域 (高度上昇域) となっているので、基地周辺上空における極高気圧活動の卓越が示唆できる。これら高度上昇の最大は、300 mb 辺にあり、その値は 120~150 m 位である。Dの負偏差域 (高度下降域) の最大もほぼこの辺の高度に現われるが、その値は小さく、90 m 位であり、持続期間はせいぜい3~4日位である。

気温は高度の正負偏差に対応して、それぞれ昇温、降温をしているが、その変動はあまり大きくなく、対流圏、成層圏とも一様な安定成層をしている。

トロポポーズはこの時期には、250~300 mb 辺にあり、その温度は -55°C 位で、高度の正負偏差に応じて、その出現高度も上下している。

風は高度上昇域で高気圧性循環の東風成分を示すが、その風速はDの変化傾向 ($\partial D/\partial t$) により異なり、対流圏では、風速は高度と共に増加し、Dの最大正偏差附近 (300 mb 辺) では、30~40 ノットになる。これより上の成層圏では、高度と共に風速は減少し、5~10 ノット位の弱い東風成分の風となっている。

一方、高度下降域では、低気圧性循環である西風成分を示すが、その風速は弱く、10~20 ノット位である。成層圏は、大部分が高度下降域となっているため、弱い西風に支配されている。

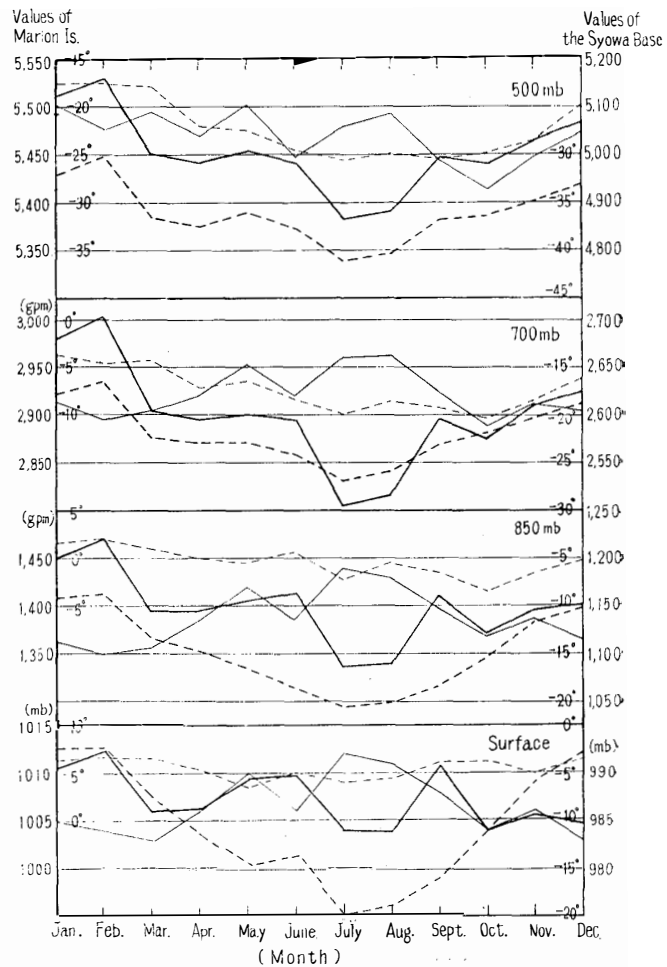
高度偏差の変化に応じ、それぞれ明瞭な高気圧性および低気圧性垂直シアーも見られる。また、Dの最大変化軸 (リッジ、トラフ軸) は、対流圏ではほとんど垂直であるが、成層圏ではわずかに後方に傾いている。

IAAC (国際南極気象解析センター) 作成の地上、高層シノプチック天気図²⁰⁾により、夏

季末である2月の東大陸のシノプチックパターンを見ると、昭和基地周辺は、東大陸高地帯に中心を有し、成層圏中部まで達する力学的成因（沈降）による温暖高気圧に支配されているため、北方から近接する低気圧は、基地の沖合にある低圧帯を急速に東進することが多い。2月の地上シーケンスから、沖合通過低気圧の影響が、2月3,13,27日に見られるが、この時の地上風向は、必ず卓越風向と同じNEになり、風速は最低気圧出現時に最も大きく（20~30ノット）なる。上層にも、この低気圧の影響が弱いトラフとして示されるが、風速はむしろトラフ軸通過時に弱くなっている。

夏季の高気圧は、東大陸上に高圧帯として70°~80°S辺の緯度帯に存在する（2月4日~10日, 300mb）か、いくつかの高気圧細胞として存在するかがほとんどであるが、その領域はたえず変動している。

昭和基地とほぼ同じ経度にあり、中緯度の印度洋に位置する Marion Island (37°52' E, 46°53' S) と、各指定面月平均高度の年変化を比較してみると (Fig. 4), 昭和基地では2月が年間の最高値であるのに対し、Marion Is. は逆に年間の最低値になっているので、この附近の中緯度対流圏は、主として低気圧活動の影響をうけるものと考えられ、夏季の極高気圧の活動は、大陸上に限られ、南北方向の動きは少ないものと思われる。これは M. J. RUBIN の調査⁹⁾ からもうなずける。



(1)

Fig. 4. Annual variation of heights and temperatures

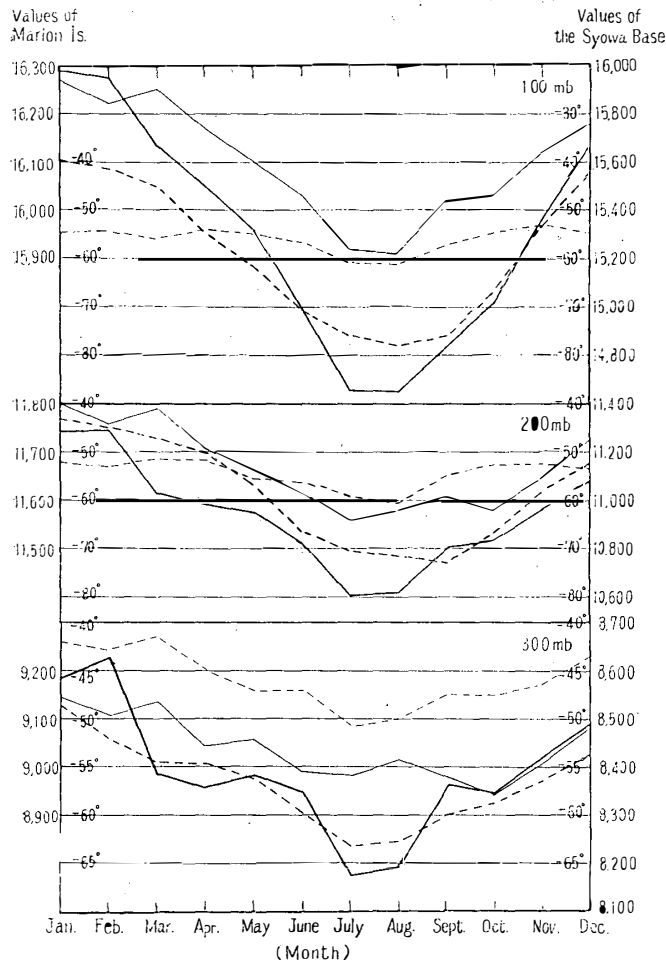
—— Heights of the Syowa Base
 - - - - Heights of Marion Is.

2月のタイムセクションから、夏季の循環型の特徴として次のことがあげられる。

1. 循環は一般に low index 型であり、対流圏では、東大陸上の高気圧に支配され、南北成分を伴う弱い東風が卓越する。しかし、これら高気圧系の位置やその移動により、弱い西風の循環も見られる。成層圏下部から中部にかけては、弱い西風域となっているが、気圧高度の上昇、下降域の出現により、風向に変化がある。上部成層圏では、循環はさらに弱く、北成分を伴う弱い東風の循環を示している。

2. 低気圧活動については、極高気圧の卓越のため、ほとんど大部分の低気圧性擾乱は、基地沖合の大陸をとりまく低圧帯を東進するので、地上では、これによる NE の風

が見られるが、上層では、N または NE の風は非常に弱い。従って、この低気圧による基地上空大気への影響は少なく、子午線循環による温度移流等も見られず、大気は一樣に安定成層をなしている。



(2)

of the Syowa Base and Marion Is. in 1961.

..... Temperatures of the Syowa Base

..... Temperatures of Marion Is.

3-2. 秋季循環 5月 (Fig. 4 および 7)

夏から冬への遷移期であり、成層圏では、太陽高度の低下による冷却過程が進行するが、対流圏では、2月から3月にかけて、気温の急降の後は、ほぼ秋季を代表する気温を維持している (Fig. 4).

しかし、地表付近では、雪面の放射冷却による逆転層が形成されるので、低温化が著しい。気圧高度も、大体、成層圏、対流圏とも気温と同様の

変化をしているが、地表から 1~2 km 辺では、気温の変化と逆に、むしろ高度は上昇しており、大陸上に高気圧の寒冷薄層の出現が見られる。

5月のタイムセクション (Fig.7) では、3日から10日にかけて、大気全層が高度下降域となっており、また12日から19日と22日から28日までの間は、それぞれ独立した大きな高度上昇域となっている。この上昇の最大は300 mb 辺にあり、その値は250 m~300 m にも達しており、上昇域の上限は100 mb 辺にある。20日は低気圧通過のため、基地はNE40ノットのブリザードとなり、欠測したが、この期間は大気全層は下降域となっている。この他、対流圏のみに限られる小規模上昇域が、5月の前半に見られる。

成層圏は、冷却化のため、一様な下降域となっているが、上部ほど下降量が大きく、50 mb 辺では-400 m 以上にも達し、南極渦動の形成が示唆される。

気温は、地表付近を除き、高度の変化と共に、昇温、降温を示しているが、中旬から下旬にかけての大きな高度上昇時には、顕著な昇温が見られる。

トロポポーズは、高気圧 (リッジ) 域では、200 mb 辺に高い寒冷なもの (-60°C) が現われ、低気圧 (トラフ) 域では、350 mb 辺に低い温暖なもの (-50°C) がそれぞれ現われている。また、このトロポポーズを境にして、対流圏が昇温あるいは降温すると、成層圏は逆に降温あるいは昇温している。

風は、対流圏では、東風成分が減少し (あっても弱く10ノット程度)、逆に南西成分の強い風 (100ノット以上) が卓越している、成層圏中部、上部では、大体西風で50ノット位であるが、顕著な気圧系の出現があると、これがさらに強くなる。

5月の高層循環系の特徴である大きなDの正偏差域 (高度の急増) と、南または南西の強風ジェット (100ノット以上) の出現はシノプチックパターンおよびその持続期間から判断して、さほど大規模な循環系によるものでなく、中緯度高気圧の南進による局所的影響によるものと思われる。Fig.10にこの例を示した。即ち、昭和基地の西方15°~30°Eのグリーンモウドランド附近へ、印度洋の中緯度高気圧からリッジが楔状に鋭く南進し、その前面の気圧傾度が急速に増加するため、基地上空300 mb 辺に風速最大 (150ノット以上) を有するジェットが吹くようになる。この時対流圏上・中部では、顕著な温度上昇 (約10°C) を伴うが、成層圏では、逆にむしろ気温は下降している。恐らく沈降によるものと考えられるこの温度上昇は、南成分の強風期間中維持され、風が北成分になると降温し始める。このリッジの南下時には、地上では、東大陸高地に中心を有する寒冷高気圧

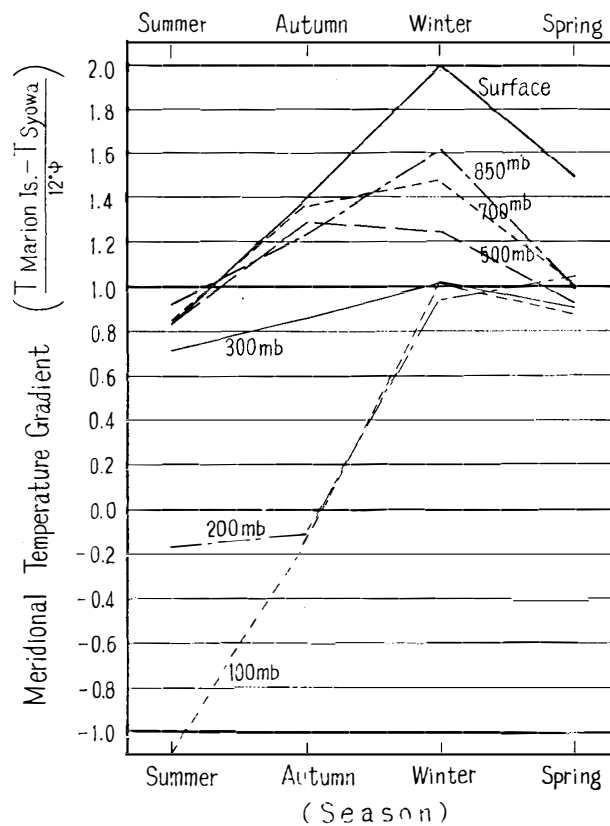


Fig. 5. Meridional temperature gradients between Marion Is. and the Syowa Base in 1961.

(約1,010 mb) に支配されて、風は弱く、晴天で、200~300 m 辺に接地逆転層が生じている。

5月の低気圧活動は、さほど大規模なものではなく、あまり激しいブリザードの襲来もなかった (NE40 ノット程度)。

秋季3か月の風系の特性を、各指定気圧面別のウィンドローズ¹⁾ から見ると、3月の対流圏にNEの低気圧性循環が見られる他は、4,5両月とも、南西象限の高気圧性循環の風が、対流圏全層にわたり卓越しているのがわかる。成層圏では、一様に強い西風が卓越している。

この循環の目安をつけるために、Marion Is. と昭和基地間の各季節の子午線方向温度傾度を各層別に Fig. 5 に示したが、夏から秋を通じ、冬までは傾度が対流圏全般にわたり増加しており、冬から春へは減少している。夏の対流圏温度傾度は、ほぼ +0.8°C/φ 位であるが、秋には +1.2~1.4°C/φ 位に急増し、この傾向は冬まで続くが、上層になるに従い増加傾向は弱まる。成層圏では、夏季南極大気の昇温のため負傾度となっている。

が、秋から冬へかけての傾度の急増 ($-0.1^{\circ}\text{C}/\phi \sim +1.0^{\circ}\text{C}/\phi$) が目立っている。

5月のタイムセクションから、秋季の循環型の特徴として次のことが言える。

1. 対流圏中部から成層圏下部附近にかけて、中緯度からのリッジが楔状に基地西方に南下するので、南から南西寄りの強風ジェットがしばしば出現する。
2. このリッジの南下と呼応して、大気下層には、極高気圧の寒冷薄層が形成され、接地逆転が生ずるので、弱い高気圧性循環が持続する。
3. 秋の中頃から冬の初期にかけては、時々優勢な低気圧の襲来があり、気団の交代が活潑になるが、この時には、逆転層が破壊されて、対流圏全般にわたり北東風が支配する。
4. 成層圏上部では、冷却の進行と共に極渦動生成期に入るので、西風ジェットが卓越し始める。

3-3. 冬季循環 8月 (Fig. 4 および 8)

秋からの冷却は、対流圏では7月頃、成層圏では8月頃まで続くが、その後太陽の再来と共に昇温し始める (Fig. 4)。

気圧高度は、6月から7月にかけて、大きく下降し、7月、8月は年間の最低値となっている。Fig. 8での特徴は、昭和基地の月平均高度変化と中緯度の **Marion Is.** の高度変化が、対流圏では完全に逆位相、即ち、昭和基地では高度の凹変化（極渦動化）に対し、**Marion Is.** では、高度の凸変化（中緯度高気圧の発達）を示しているが、成層圏では、両者とも同位相の凹型変化をしていることである。

8月のタイムセクションでは、月の大部分が、季節平均高度レベル以下のため、Dの負偏差、高度下降域になっているが、12日から16日にかけて、顕著な高度上昇域が見られ、また2日と23日頃に小さな高度上昇域が見られる。夏と秋に比べて異なる点は、明瞭な負偏差系の中心が200~300 mb 辺に現われていることで、冬季の大規模低気圧の活動が活潑であることがわかる。地上シーケンスにも、頻繁な低気圧の襲来が、4日、7日、11日、18日、20日、26日、30日に、強弱はともあれ、明瞭に示されている。

成層圏では、冷却のため、大きな傾度で高度が下降しており、極夜渦動 (**Polar Night Vortex**) の形成、発達過程の進行が見られる。

対流圏での気温は、14日のリッジの通過を示す高度上昇域で、大きな昇温を示している他は、一般に変動少なく、相対的に寒冷な安定成層をしている。しかし、成層圏では、高度下降場であるにもかかわらず、対流圏とは逆に、大きな気温変動、即ちリッジ域で降

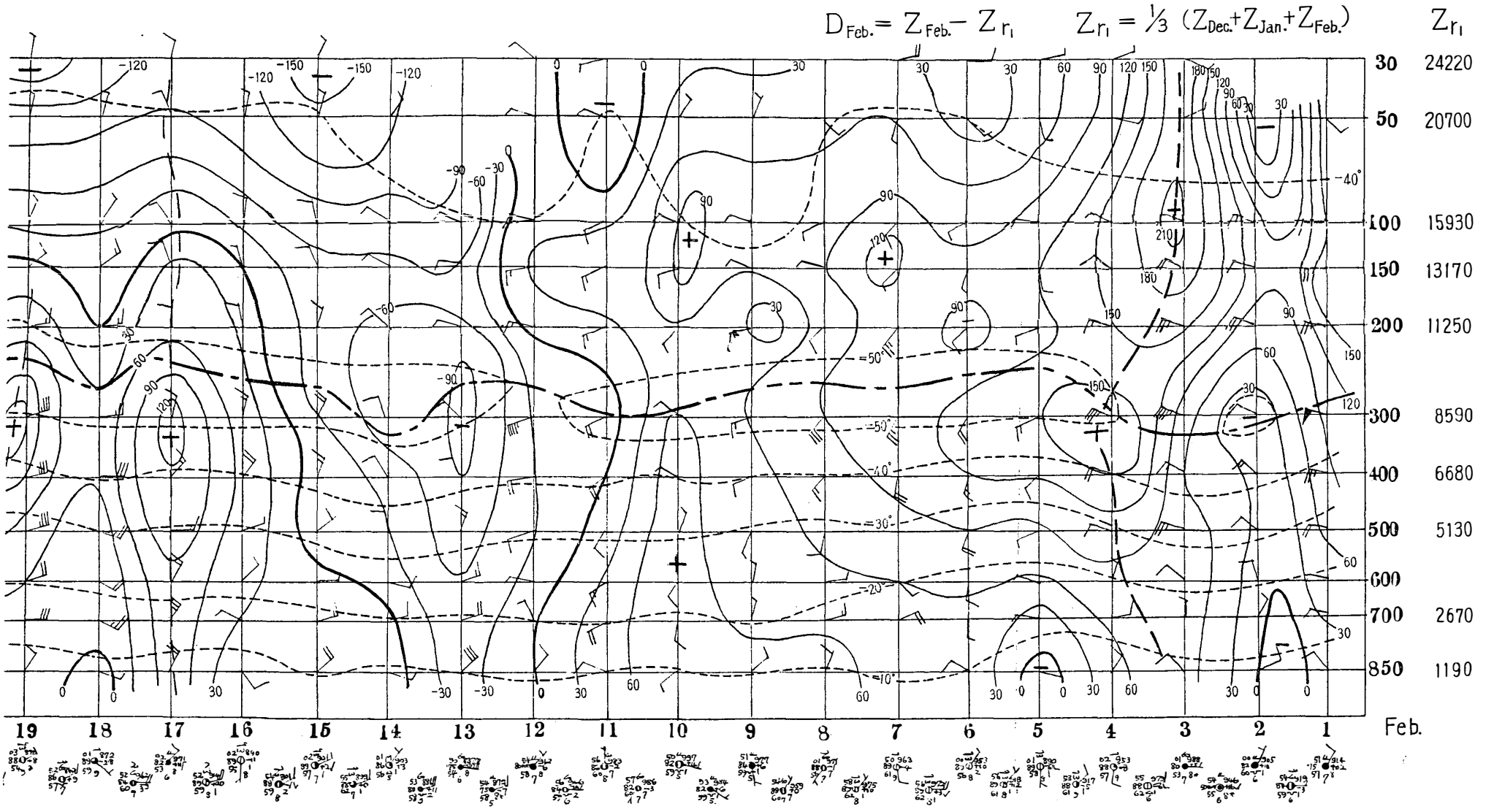


Fig. 6. Vertical time section of D and T in Feb. 1961.

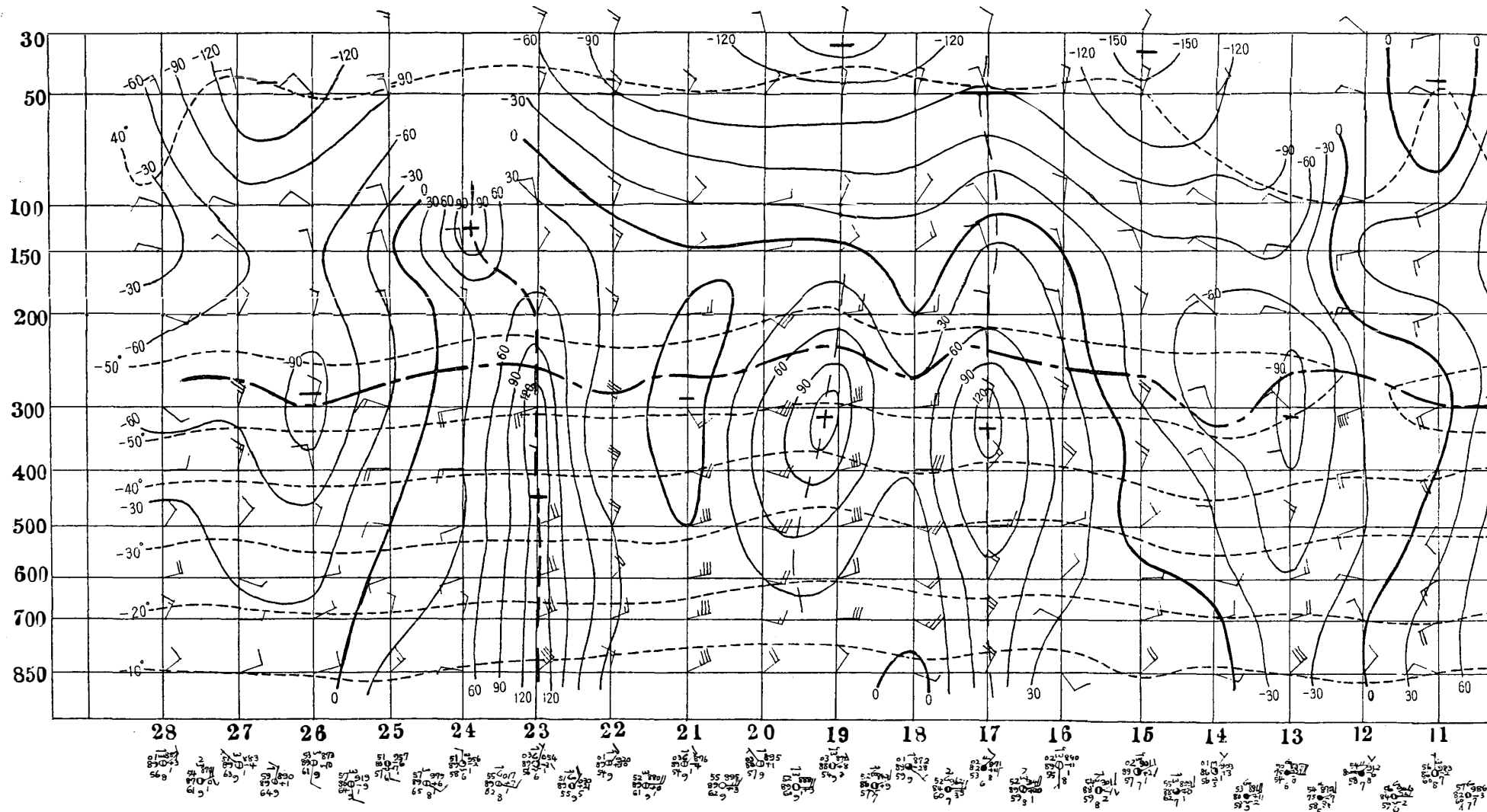


Fig. 6. Vertical time section of D and T in Feb. 1961.

$$D_{\text{May}} = Z_{\text{May}} - Z_{r_2}, \quad Z_{r_2} = \frac{1}{3}(Z_{\text{Mar.}} + Z_{\text{Apr.}} + Z_{\text{May}})$$

Z_{r_2}

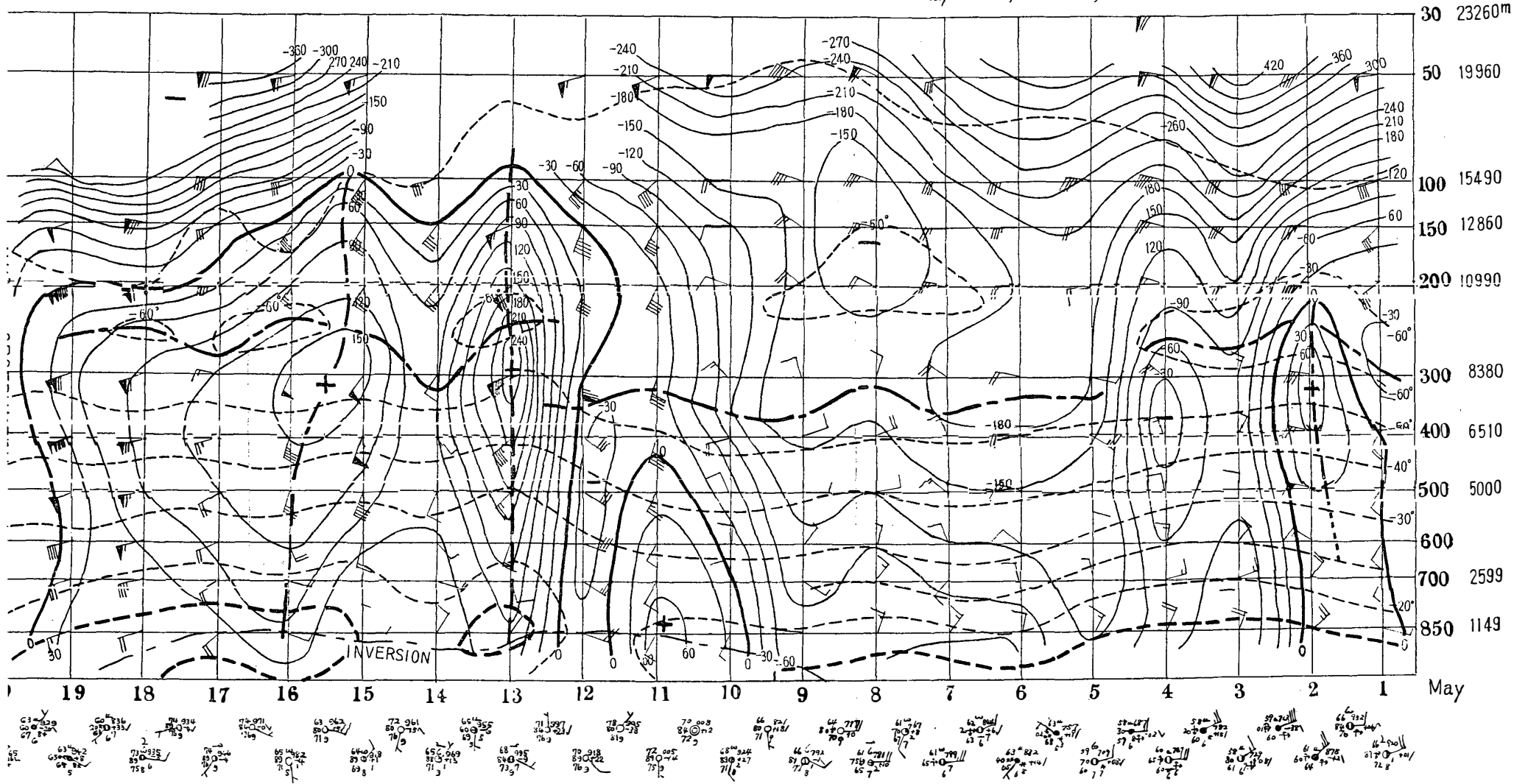


Fig. 7. Vertical time section of D and T in May 1961.

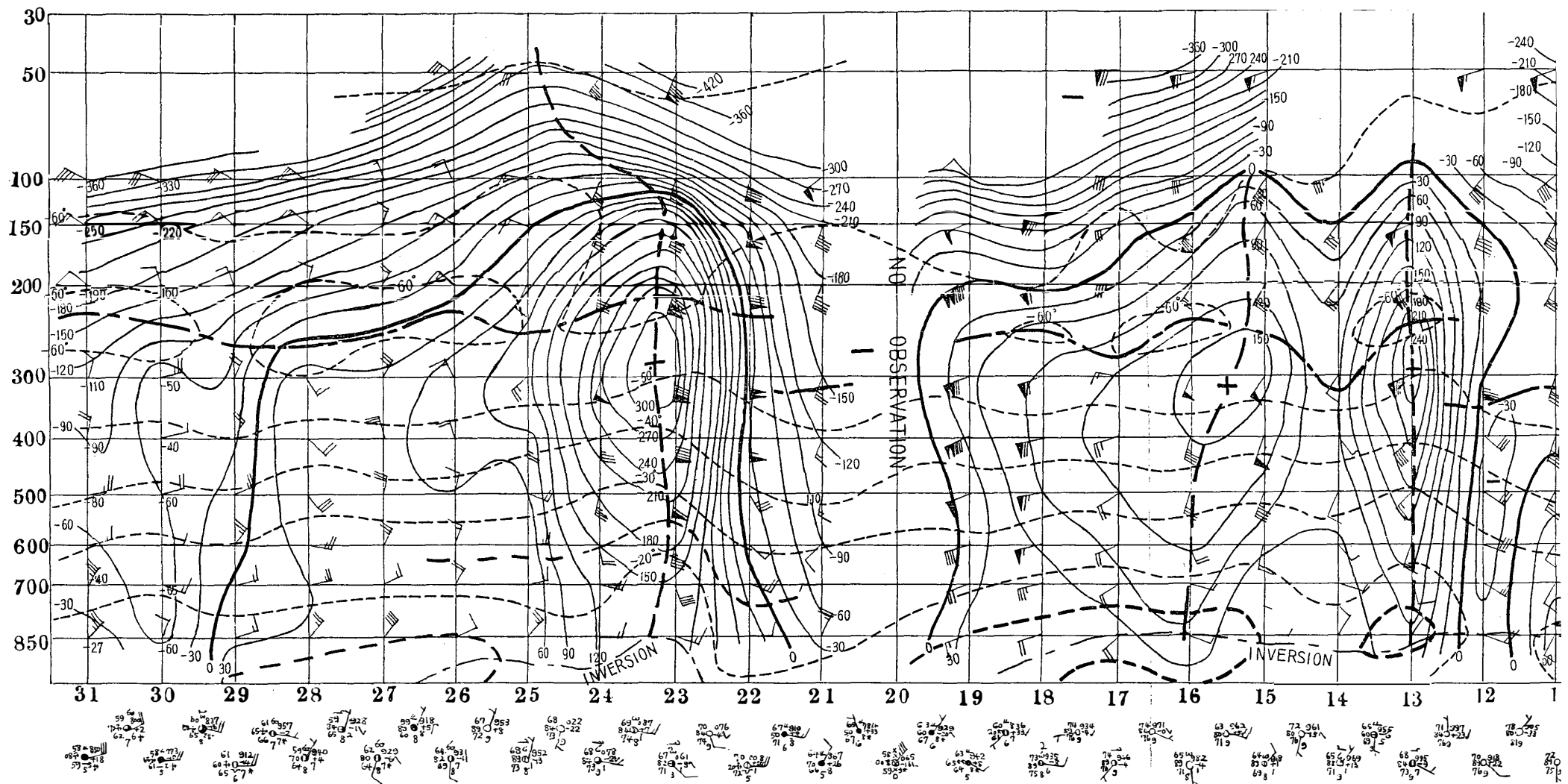


Fig. 7. Vertical time section of D and T in May 1961.

$$D_{Aug} = Z_{Aug} - Z_{r3}, \quad Z_{r3} = \frac{1}{3} (Z_{June} + Z_{Jul.} + Z_{Aug.})$$

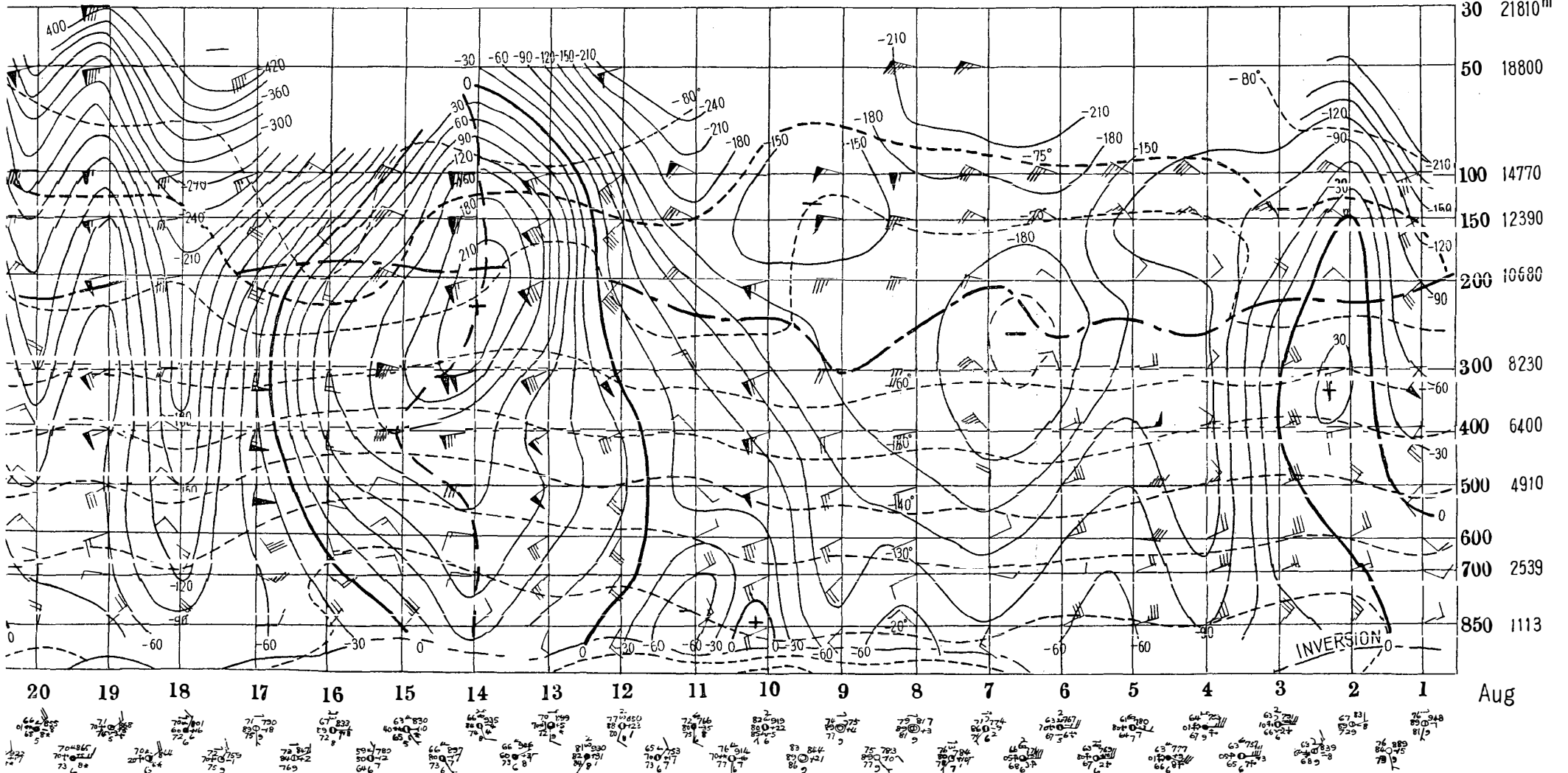
 Z_{r3}


Fig. 8. Vertical time section of D and T in Aug. 1961.

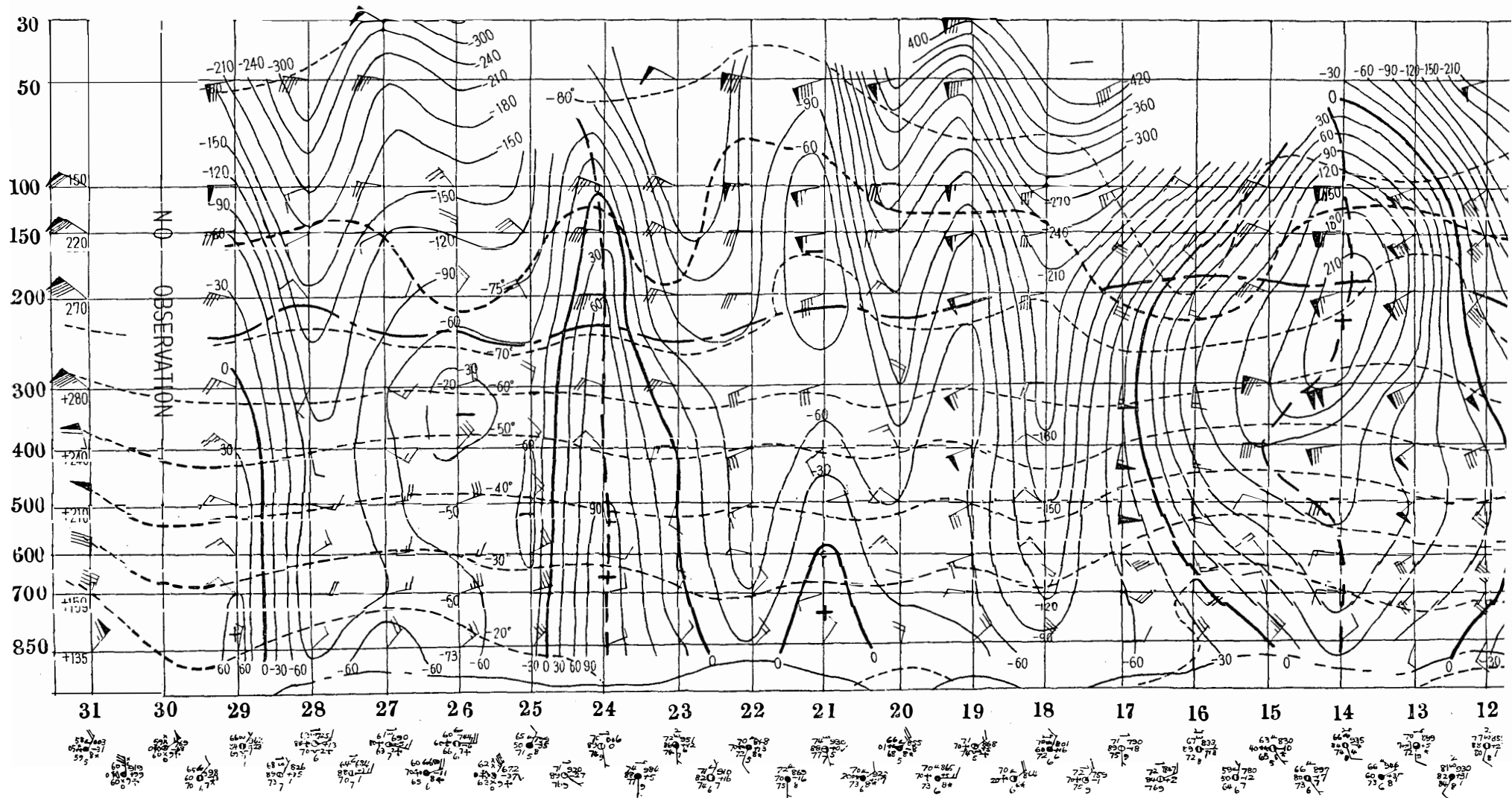


Fig. 8. Vertical time section of D and T in Aug. 1961.

$$D_{\text{Nov.}} = Z_{\text{Nov.}} - Z_{r4}, \quad Z_{r4} = \frac{1}{3} (Z_{\text{Sept.}} + Z_{\text{Oct.}} + Z_{\text{Nov.}})$$

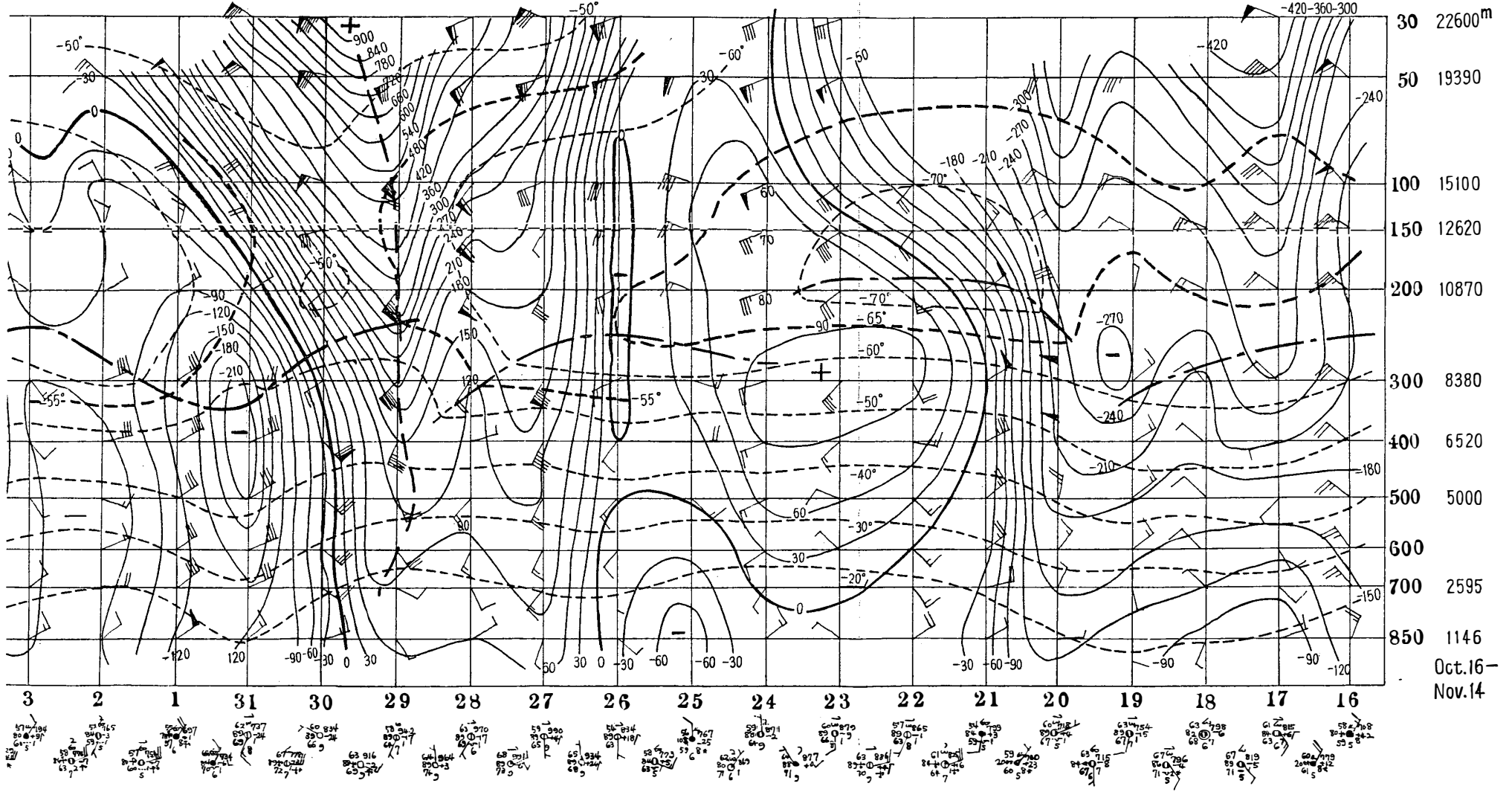


Fig. 9. Vertical time section of D and T in Oct. and Nov. 1961

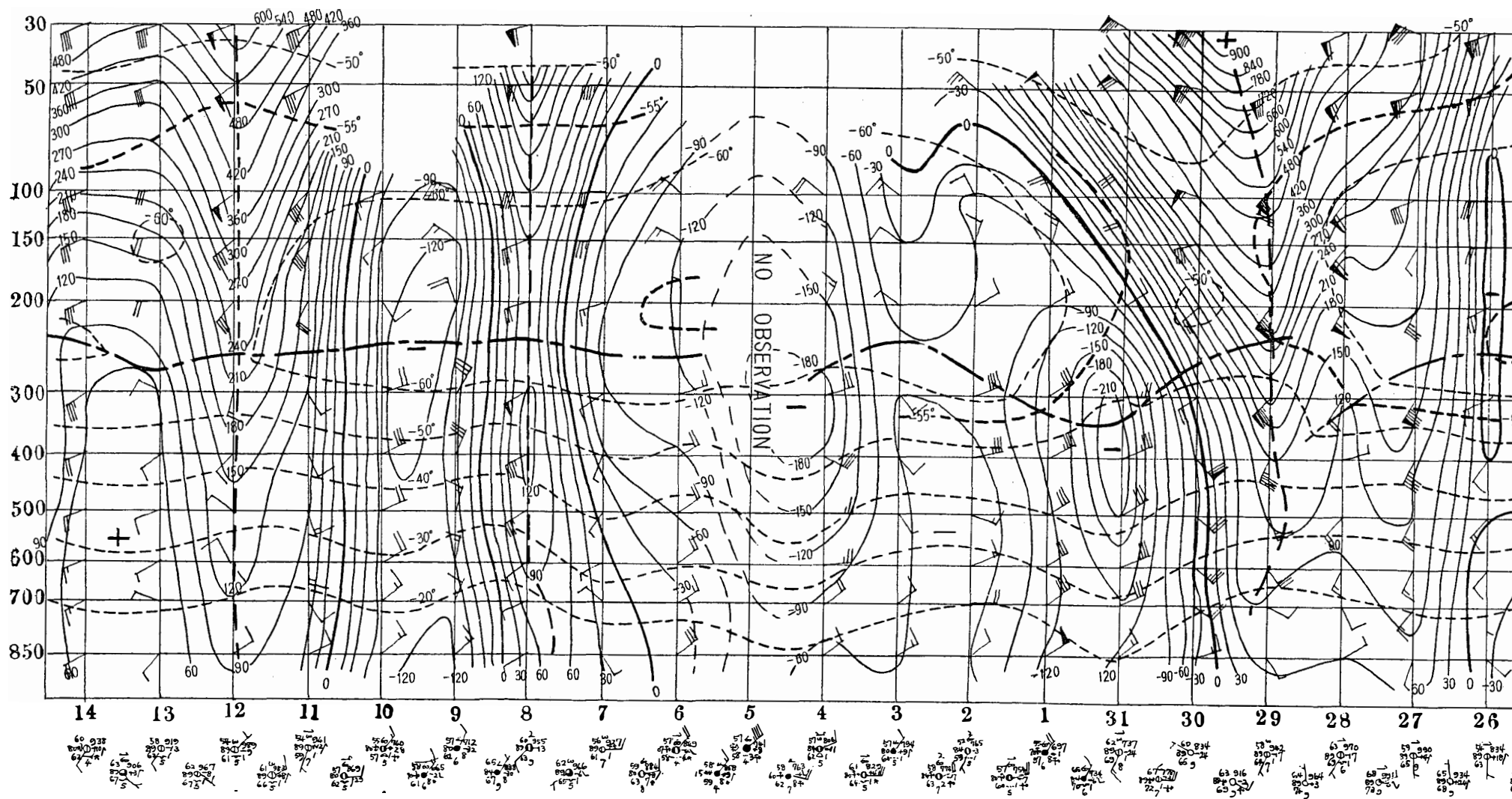


Fig. 9. Vertical time section of D and T in Oct. and Nov. 1961

温，トラフ域で昇温している．8月は太陽高度もそう高くないので，地表附近には，雪面の放射冷却による接地逆転（ 10°C 位）が，高気圧配置の時に生じているが，気圧配置の変化，交代が激しいので，あまり長くは持続しない．

トロポポーズは，成層圏での冷化が進行するに従い，不明瞭になり，検出しにくくなるが，一般に冬季には，かなり高くなって 200 mb 辺に位置するようになるが，高度下降域では低下傾向が見られる．

冬季の各気圧面の卓越風向¹⁾については，対流圏中層までは低気圧性のNEであるが，これより上層では，南西から西寄りである．成層圏中・上部では，極夜渦動による強い偏西風が吹走しているのので，西風が卓越風向となっている．

8月のタイムセクションでは，対流圏は，7月のトラフ通過までは，NEの風であったが，その後は，14日に大きなリッジが通過したので，南西風が見られる．風速はDの大きい正傾度の所で強まるが，負傾度の所では弱まる．26日のトラフ通過時と30日以後の低気圧支配期には，また，NEの風に変っている．成層圏では，8月のほとんどの期間中，80ノット以上の極夜偏西風ジェットが吹走しているが，顕著な気圧系が到来すると，多少風向に変動がある．

昭和基地では，6月1日から7月10日の間約40日は極夜期であるが，この期間および前後1～2週間は，大気下層が東大陸の寒冷な極高気圧に支配されるので，EからSEの弱い循環が見られるが，北から優勢な低気圧が来襲すると，対流圏全体から成層圏下部位までは，NEの強風（80ノット以上）に一変してしまう．6月6日および29日にそれぞれ猛烈な低気圧（基地の最低気圧は 972 mb ， 961 mb ）の来襲を受けたが，この時（6月6日）の上層の様子は，大振幅のリッジとトラフが相前後して通過する配置であったため，基地上空は，気圧高度の大きな変化傾向場となり，循環はリッジの前面で80ノット以上の強い南西風から，トラフの接近と共に風向順転し，同程度のNEの強風に変っている．このNEの強風は，風向が変化することなく，そのまま数日間持続し，風速のみ弱まっていく．これは， 60°E 附近のエンダービィランドが定常的高圧部となっているので，ここに先のリッジが到達すると，その勢力を増加することになり，後続のトラフは，これにその東進を妨げられて，基地附近上空で停滞し，filling するため，気圧傾度の減少につれ，風速のみが弱まるものと考えられる．地上においても，基地北方での低気圧の停滞，埋没の様子が，風の変化，即ちNEの強風がその風向を変えずに，気圧の上昇と共に風速のみ弱まることからわかる．Fig. 11 に大規模冬季低気圧の例を示した．

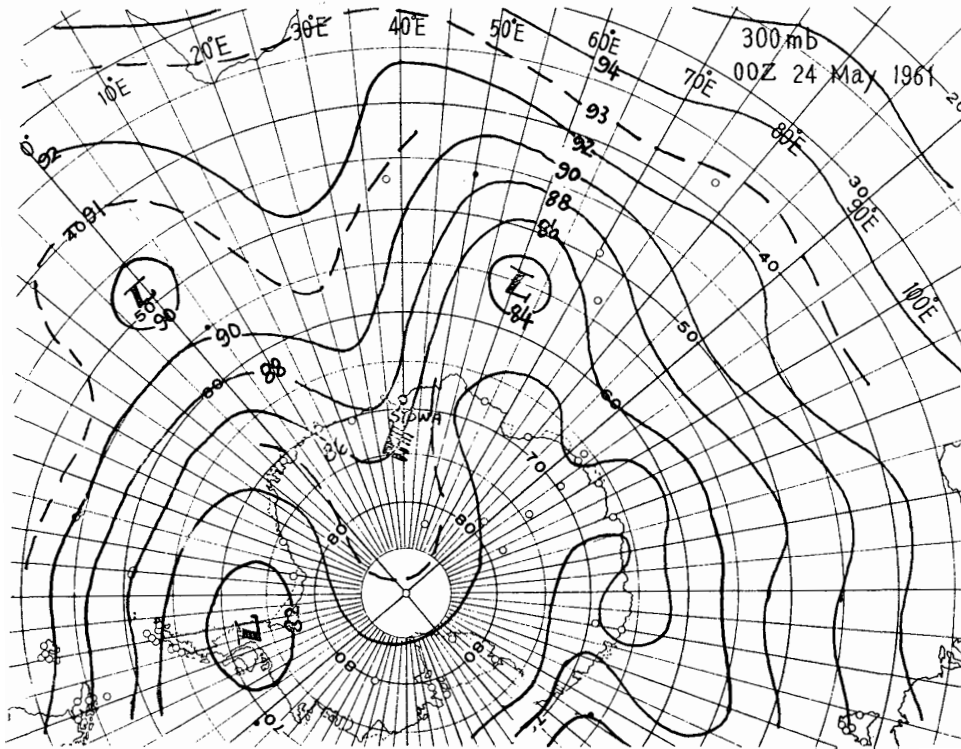


Fig. 10. An example of the strong SSW-ly wind with a temperature rise due to sharp southward extension of the middle latitude ridge. From IAAC synoptic charts, 300 mb, 00Z, 24 May 1961. (Plotted wind is 12Z, 23 May)

中緯度の Marion Is. との子午線方向温度傾度を見ると (Fig. 9), 冬季南極大気の寒冷化 (Körnlose-type Winter) のため, ほとんど全層にわたり, 冬の温度傾度は最大になっており, 冬季南極大気は著しいバロクリニック場 (傾圧場) になっていることがわかる. しかし, 秋から冬にかけての傾度の増加は, 成層圏が最も著しく, 対流圏下層がこれに次ぐが, 対流圏中層から上層では, 増加がゆるやかである (500 mb ではむしろ減少している). これは冬季の大規模低気圧による大気中層への温度移流の効果と考えられるが, 下層では, 冬季の寒冷薄層の存在効果の方が, 大きいものと思われる. 成層圏の顕著性は, 寒冷極渦動の生成, 発達によるためである.

冬季の循環型の特徴をあげると次の通りである.

1. 地表および対流圏下層は, 接地逆転を伴う寒冷高気圧に支配されるため, 弱い南東風の循環が卓越するが, 低気圧擾乱があると, 北東風に変じ, 気温も急昇する.
2. 極夜期においては, ほぼ対流圏全層から下部成層圏へかけて, 弱い循環 (東風が多い) の静穏期が持続するが, 時々この期間に冬季の優勢な低気圧の襲来が見られる.

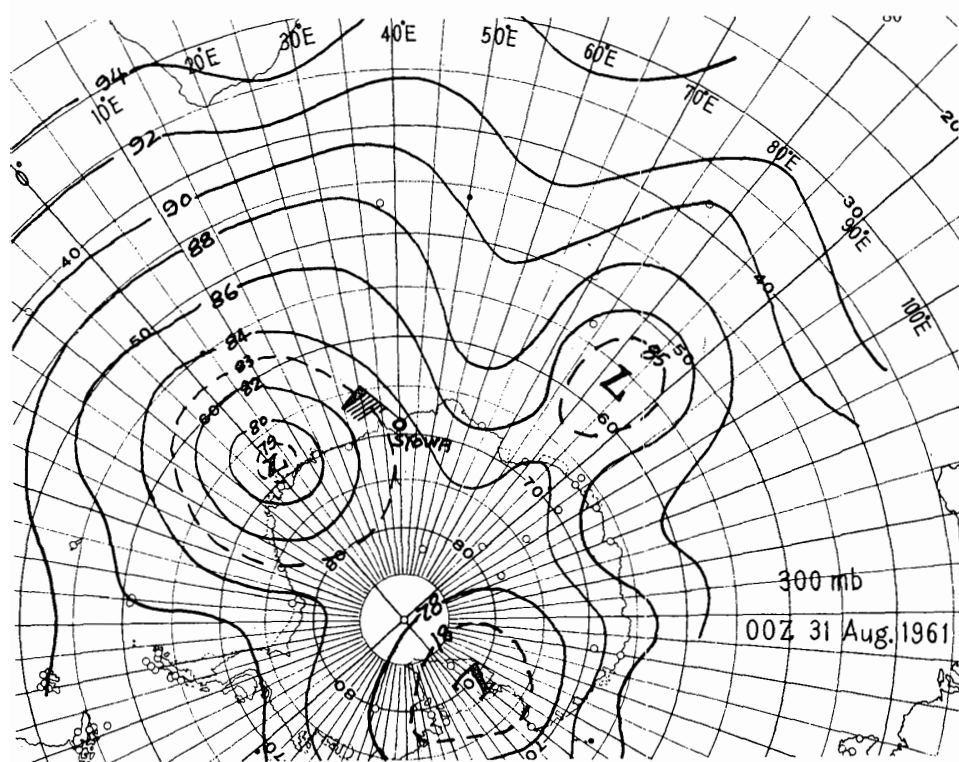


Fig. 11. An example of vigorous late winter-time depression approaching the base region. In the following days, with approach of this depression, strong wind shifts to NE-ly. Weather at the base becomes severe blizzard (wind is more than about 45 m/s). From IAAC synoptic charts, 300 mb, 00Z, 31 Aug. 1961. (Plotted wind is 12Z, 31 Aug.)

3. 対流圏中・上部では、中緯度高気圧の発達によるリッジの基地西方への南下のため、強い南西風循環が見られるが、一方また、中または大規模低気圧の活動も、特に冬の前後期に活澆となり、基地北方でしばしば停滞するので、顕著な北東風循環が持続する。この低気圧により、かなり大きい温度移流がある。

4. 成層圏では、寒冷極渦動がますます発達し、最盛期にあるので、特に上層では、100 ノット以上の極夜ジェット偏西風が持続して吹走している。

3-4. 春季循環 10月～11月 (Fig. 4 および 9)

春になると、太陽高度の上昇に伴い、大気各層はいっせいに昇温し始めるが、特に成層圏での10月から11月にかけての昇温は顕著である。この春季成層圏急速暖化 (Stratospheric Warming) は、南極気象の大きな特徴であって、多くの人により研究が行なわ

れている。 (6, 10, 13, 15)

Fig. 4 から、気圧高度は、この昇温と共に、大きな上昇を示すが、成層圏での一様上昇にくらべ、対流圏では、8月から9月にかけて急上昇した後、10月に一たん下降し、また上昇する変化をしている。

春季循環の代表例として、Fig. 9 に 10 月 16 日から 11 月 14 日までのタイムセクションを示したが、春季の平均高度レベルからの正負偏差域、高度の上昇、下降域が交互に明瞭に現われており、気圧系の活潑な南北交換活動を示している。

気温は気圧系の活動に応じて、それぞれ大きく昇温、降温をしており、冬季寒冷南極大気から夏型温暖大気への急速な遷移過程を示し、バロクリニックな（傾圧）場となっている。

トロポポーズも、成層圏上層からの暖化が下方に伝播して来るので、明瞭な逆転が見られるようになるが、トラフ域で低い温暖トロポポーズ（300 mb 辺、約 60°C）、リッジ域で高い寒冷トロポポーズ（200 mb 辺、約 70°C）が見られる。

各月のウインドローズ¹¹ から、春季風系の卓越性を見ると、9月は対流圏全体にNEの風が卓越しており、強い低気圧性循環の出現がわかるが、一方またSWの風も同程度に卓越しており、前述と同様に、基地西方へのリッジの南下による高気圧性循環の出現も見られる。10月は、下層での循環が北成分、南成分ともあまり強くないが、中層から上層にかけて、南西風の卓越が明瞭に示されている。11月は、中層以下では、北東風が卓越しており、上層では西風が卓越しているが、循環は9、10月とくらべると、かなり弱くなっている。成層圏では、大気の昇温と共に、極渦動も衰退し始めるので、偏西風ジェットも10月末頃から弱まり、その風向も北西から南西にかなり変動している。

Fig. 9 のタイムセクションを見ると、10月16日から20日にかけて、成層圏に特徴のある高度の負偏差域があるが、これは、IAACの300 mb 天気図から、基地の西方大陸内部に独立した小さな低気圧が見られることと、17日の基地の成層圏が北西風であることから、これより上層では極渦動中心が大陸中央部からウェッデル海地域に shift し、温暖化によるロス海域から極点に向う気圧高度の上昇、南極大気の高気圧パターンへの移行^{13, 15}（暖化の進行を意味する）が、この時から始まったものと推察される。事実、10月24日から以後は、成層圏上層では、大きな正偏差、即ち高度の上昇が引き続いて見られ、気温も30日頃から急速に上昇しているのがわかる。10月22日から24日にかけて、300 mb に正偏差の中心を有する高度上昇域があるが、これは東大陸の 70°~75°S の緯

度帯が弱い高圧帯となったためであり、弱い高気圧性循環が対流圏内に見られる。

特に顕著な循環は、27日から29日にかけての大気全層にわたる強い南西風循環の出現である。この時のシノプチックパターンは秋、冬に見られたものと同様基地西方への中緯度リッジの南下、張り出しであるが、対流圏上部から成層圏に顕著な温度上昇が見られ、高度偏差は上に行くにつれ増加し、成層圏上層では800 m以上もの大きな上昇を示している。このリッジの通過を契機として、成層圏上層気温の増加が見られるので、昭和基地における春季暖化は、ロス海周辺地区より約10日程おくれて始まるものと考えてよいだろう。このことは、全大陸上の観測所の資料を検討した訳ではないので確定的ではないが、春季暖化の一成因と考えられている大気オゾン量の変動¹⁾と比較してみても、非常によく一致していることがわかる。即ち、10月下旬から11月上旬にかけて、昭和基地のオゾン観測値と50 mb 気温は旬平均値で飛躍的増加を見せている。また、この時の地上気圧配置は、上層の顕著さとは別に、東大陸の高気圧活動の勢力下にあり、風弱く晴天であった。

この後、11月5日に基地沖合を優勢な低気圧が通過しているが、ブリザードのため欠測したので、その変化の様子ははっきりつかめない。しかし、10月31日から11月6日までは、ほぼ低気圧性の北東風循環の期間であった。11月12日には、中緯度リッジの影響による南西風が見られるが、一方、大陸上高気圧リッジの北方伸長も局所的ではあるが見られる。

冬に最大を示した Marion Is. と昭和基地間の子午線方向温度傾度は、地上と成層圏を除き、春にはほぼ夏の値と同じ位にまで急速に減少する (Fig. 5)。成層圏の200 mb と100 mb の傾度は、冬とほぼ同程度の値を示しており、夏にはこれから大きな負傾度に変化 (100 mb では $+1.0^{\circ}\text{C}/\phi$ から $-1.0^{\circ}\text{C}/\phi$, 50 mb では恐らくもっと大きいはず) するので、このことから南極大気急速な Warming process の一端がうかがえる。

春季循環の特徴として、次のことがあげられる。

1. 成層圏では、上部から始まる急速な気温上昇、春季急速暖化が、10月末から11月にかけて見られ、これに応じて極渦動域の中心が移動したり、分裂したりして、渦動性循環は弱まり、風向風速共変動が大きくなる。
2. 対流圏では、比較的短い周期性をもった各種規模の低気圧性の擾乱によるNE風が見られる。一方トラフ通過後のリッジの接近時には、対流圏のみならず、成層圏まで達する強いSW風も出現し、気団の交代が活潑で、夏型南極大気への移行がかなりすみやかに

行なわれる。

結 び

主として 1961 年の資料を用いて昭和基地上空における季節循環型の特徴を記述したが、これの詳細については、さらに今後の系統的調査により、はっきりさせたい。最後に、本稿の校閲をして下さった守田康太郎氏に謝意を表す。

文 献

- 1) Seino, Z. et al. 1963: General Report of Meteorological Section in JARE, 1960-62. Antarctic Record, No. **17**, 1-17.
- 2) Murakoshi, N., Yata, A. 1926: Meteorological Observation at Syowa Base during the 4th Wintering. Antarctic Record, No. **15**, 1-11.
- 3) Tajima, N., Morita, Y. 1962: Brief Summary of the Weather Analysis during the Relief Operation of JARE V, 1960-61. Antarctic Record, No. **16**, 43-53.
- 4) Murakoshi, N., Morita, Y. 1960: On the Local Climatic Effects in the Vicinity of Lützow-Holm Bay. Antarctic Symposium, 17-36.
- 5) Lamb, H. H. 1959: The Southern Westerlies: A Preliminary Survey; Main Characteristics and Apparent Associations. Q. J. R. M. S., **85**, 1-23.
- 6) Wexler, H. 1959: Seasonal and other temperature changes in the Antarctic Atmosphere. Q. J. R. M. S., **85**.
- 7) Schumacher, N. J. 1958: Now.-Brit.-Swed. Antarctic Expedition, 1949-52, Scientific Results, **1**, Part 1, Aerology.
- 8) Schmitt, W. 1957: Synoptic Meteorology of the Antarctic. Meteorology of the Antarctic, Chap. 11.
- 9) Rubin, M. J. 1960: Advection across the Antarctic Boundary. Antarctic Symposium, 378-393.
- 10) Rubin, M. J. 1962: The Antarctic and the Weather. Scientific American, **207**, No. 3, 84-94.
- 11) Dzerdzevskii, B. L. 1960: Certain Features of Weather in the Coastal Area of Eastern Antarctica. Antarctic Symposium, 37-51.
- 12) WMO (by Pogosian): Seasonal Peculiarities of the Temperature and Atmospheric Circulation Regimes in the Arctic and Antarctic. WMO Technical Note, No. **28**.
- 13) Alt, J. 1960: Le Réchauffement Stratosphérique de Printemps de l'Atmosphère. La Meteorologie, No. **57**.
- 14) Alt, J. 1960: Quelques Considerations Générales sur la Météorologie de l'Antarctique. La Meteorologie, No. **57**.
- 15) Ropar, N. J., Gray, T. I., Jr. 1961: Description of the 50-mb Patterns over Antarctica in 1958. Mon. Wea. Rev., **89**, No. 2.
- 16) Wexler, H. et al. 1960: A Preliminary Report on Ozone Observations at Little America,

Antarctica. Mon. Wea. Rev., **88**, No. 2.

- 17) Saucier : Principles of Meteorological Analysis and Forecasting, Chap. 6&12.
- 18) Oliver, V. J., Oliver, M. B. 1945: Weather Analysis from Single-Station Data. Handbook of Meteorology.
- 19) U. S. Weather Bureau. 1961: Monthly Climatic Data for the World for 1961.
- 20) I. A. A. C. : Microfilms of Synoptic Charts & Time Cross Section.

(1964年2月22日受理)